Aus dem Institut für Lufthygiene und Silikoseforschung
an der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor: Dr. med. H.-W. Schlipköter

Bauliche, betriebliche und hygienische Aspekte bei der Pflege infektionsanfälliger Patienten

Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Hans-Werner Roos

1978

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544323_0022

Aus dem Institut für Lufthygiene und Silikoseforschung
an der Universität Düsseldorf
Direktor: Professor: Dr. med. H.-W. Schlipköter

Bauliche, betriebliche und hygienische Aspekte bei der Pflege infektionsanfälliger Patienten

Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Hans-Werner Roos

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Hopf

Referent
gez.: Prof. Dr. Grün

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Zindler

Übersicht

I		Einleitung	1
II		Zielsetzung der Arbeit	4
III		Methoden zum Schutz infektionsanfälliger Patienten	5
	A.	Isolierstationen	
	B.	Ultra-reine Räume	13
	C.	Das Ster-Air-Bett	20
	D.	Laminar Airflow Isolatoren	25
	E.	Plastikisolatoren	36
	F.	Antibiotikaprophylaxe	48
IV		Diskussion	53
V		Literatur	59

E I N L E I T U N G

Ursprünglich stellte sich das Problem der Isolation innerhalb des Krankenhauses hauptsächlich hinsichtlich des Schutzes des Krankenhauspersonals und der übrigen Patienten vor solchen mit sehr kontagiösen Erkrankungen. Jedoch hat mit dem Zurückgehen und der weitgehenden Kontrolle sowie verbesserter Behandlungsmöglichkeiten solcher vorwiegend epidemischer Krankenheitsbilder die Isolation von Patienten aus dieser Sicht an Bedeutung verloren.
Durch den Fortschritt der modernen Medizin mit ihren lebensverlängernden und -erhaltenden therapeutischen Erfolgen bei bis dahin infausten Leiden hat sich ein völlig neues Patientenkollektiv herausgebildet, dessen gefürchtetste Komplikation die Infektion darstellt. Somit mußte das Prinzip der Isolation umgekehrt werden; d. h., es gilt jetzt, die infektionsgefährdeten Patienten vor jeglichen exogenen und auch endogenen Keimquellen zu schützen. Die Ursache der erhöhten Infektionsbereitschaft ist teils krankheits- und teils therapiebedingt und ist begründet in einer:

1. Störung der Phagocytose
2. Störung der humoralen Immunkapazität
3. Störung der zellulären Immunkapazität
4. Zerstörung der Haut oder Schleimhäute

Somit ist die strikte umgekehrte Isolierung anzuwenden bei:

1. Behandlung der Leukämie
2. Behandlung ausgedehnter Verbrennungen
   bei konservativer Versorgung
3. Knochenmarktransplantationsbehandlung
4. Immunsuppressive Nachbehandlung
5. Chemotherapeutische Behandlung
6. Neugeborene mit angeborener Abwehrschwäche
7. Erworbener Abwehrschwäche

Bei der Behandlung diesbezüglicher Patienten muß jede Möglichkeit einer Keimeinschleppung ausgeschaltet werden, da bereits sehr geringe Keimmengen unter besonders günstigen Bedingungen wahrscheinlich ein einziger Keim (19), für eine Infektion ausreichend ist. Eine Infektion ist die häufigste Todesursache von Verbrennungspatienten, die die Schockphase überlebt haben (7, 21, 28, 36, 41, 49, 69, 76, 85, 99, 109), und auch 70 % der Todesfälle von Leukämiepatienten liegt eine Sepsis zugrunde.
Obwohl gerade bei Leukämiepatienten andere lebensbedrohliche Komplikationen wie Hämorrhagien durch Plättchentransfusionen stark vermindert wurden (10), macht eine sich einstellende Infektion diese Fortschritte zunichte. Außerdem könnten höhere Dosen antileukämischer Medikamente verabreicht werden, was bessere Remissionen zur Folge hätte, wenn die gleichzeitig dadurch bedingte erhöhte Infektionsanfälligkeit durch strikte Isolierung nicht zum Tragen käme (10, 13, 17). Es wäre daher ein großer Fortschritt, ein absolut sicheres Isolationsmodell zur Verfügung zu haben.

Es sind heute bereits Keime in Krankenhäusern nachgewiesen worden, die gegen alle bisher bekannten Antibiotika resistent sind. Sollte der Hospitalismus der Zukunft durch diese Keime geprägt werden, ohne daß ein wirksames Antibiotikum zur Verfügung steht, müßte sich die strikte Isolierung auf einen weit größeren Patientenkreis erstrecken, als dies heute nötig erscheint. Betrachtet man den chronologischen Wechsel der Hospitalismuskeime von den Streptokokken über Staphylokokken zu den gramnegativen Keimen wie Pseudomonas aeruginosa, Klebsiella und Aerobakter, so erkennt man die Entwicklung zu den therapeutisch schwerer zu beherrschenden Erregern (70). Dies ist sicherlich mit auf die breite Anwendung von Antibiotika zurückzuführen, die durch Ausschalten sensibeler Keime anderen zum Teil resistenten Keimen Bedingungen zur Ausbreitung boten. Auch sind Keime, die bis-

her für den Menschen als apathogen galten, als Ursache schwerer Infektionen nachgewiesen worden. Um den Patienten vor den Gefahren dieser Entwicklung zu schützen, ist es dringend erforderlich, ein effektives Isoliersystem in die Behandlung gefährdeter Patienten mit einzubeziehen (79).

Zielsetzung der Arbeit

Die Anwendung von Isoliereinheiten hat sich fortlaufend von einfachen Modellen zu technisch sehr differenzierten Systemen entwickelt. Im Verlauf dieser Entwicklung wurde versucht, sämtliche Infektionsmöglichkeiten des gefährdeten Patienten aufzudecken und auszuschließen. Den Ausgangspunkt bilden die Isolierstationen alten Typs, die in etwa der offenen Intensivpflege entsprechen. Man beschränkt sich bei diesem System auf besondere Vorsichtsmaßnahmen in der Eintrittszone der Station und wendet ein künstliches Belüftungssystem an (2, 3, 18, 59, 78, 107). Die darauf folgende Entwicklungsstufe besitzt eine für jedes einzelne Zimmer eigene Belüftungsanlage und stellt zudem besondere hygienische Anforderungen an das Personal vor Betreten des einzelnen Zimmers (1, 108). Schließlich wird die alleinige Verwendung sterilisierten Materials, sterilisierter Medikamente und Essens eingeführt. Um die Möglichkeiten der Kontaktinfektion und der Kontamination durch aerogene Keime weiter einzuschränken, haben schließlich auch Plastikisolatoren und Laminar Air Flow (LAF)-Einheiten Zugang zur Pflege infektionsgefährdeter Patienten gefunden (8, 84, 60). Alle diese Maßnahmen beschränken sich auf die Elimination exogener Keime, ohne die Gefahr der Autoinfektion des Patienten durch endogene Erreger verhindern zu können. Daraus folgend ist man zur Anwendung prophylaktischer Antibiotikagaben zur Suppression endogener vornehmlich enteraler Keime übergegangen (30, 62).

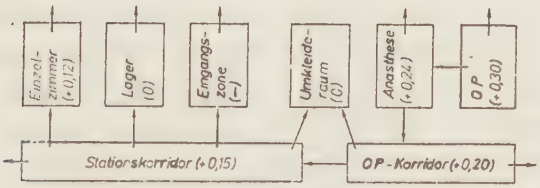
Im folgenden will ich die bisher angewendeten Methoden der Isolierung und die supportiven Maßnahmen der Infektionsverhütung auf ihre Effektivität hin untersuchen.

Methoden zum Schutz infektionsanfälliger Patienten

A. Isolierstationen

Die Isolierstationen, die der Behandlung schwerverbrannter und anderer infektanfälliger Patienten dienen, besitzen einen anderen strukturellen Aufbau als Quarantänestationen, da hier der Schutz dem Patienten und nicht der Umwelt gilt. In der Literatur sind zahlreiche Isolierstationen beschrieben, die bei gleichem Grundkonzept doch fast alle hinsichtlich baulicher und organisatorischerDetails gering differieren (25).

Watson (104) beschreibt eine Verbrennungsstation mit zwölf Patientenräumen. Außer den Krankenzimmern sind Schwestern-, Arztzimmer, Labors, Küche, Spülraum und Lagerräume um einen "sauberen" Korridor angelegt. Der Operations- und Behandlungstrakt ist durch Schwingtüren von dem "sauberen" Korridor getrennt. Die gesamte Einheit ist voll klimatisiert, und der Druckgradient nimmt vom Operationssaal über den Behandlungsraum, den "sauberen" Korridor und die Patientenzimmer ab.



Luftströmungs-u.-druckverhältnisse der Isolierstation

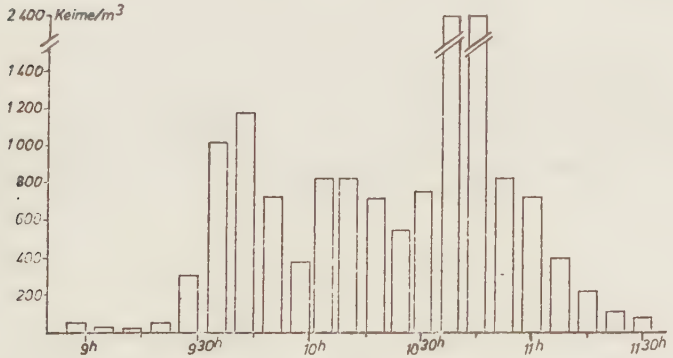
Bild 1

Der Zugang zur Station und zum Operationstrakt führt über ein Schleusensystem, in dem sich das Personal mit einer desinfizierenden Lösung waschen und sterile Kleidung sowie Schuhe, Kopfbedeckung und Atemmaske anziehen muß. Jedes einzelne Patientenzimmer ist mit einem Vorraum versehen, in dem das Personal noch einmal die Hände desinfiziert und einen sterilen Kittel und Handschuhe anlegt. Außerdem gehören zu jedem Zimmer eine eigene Toilette, ein Waschbecken und ein Ausguß. Bei der Pflege wird kein sterilisiertes Material wie Wäsche, Bedarfsgegenstände oder Essen verwendet. Muß ein Patient zum OP-Trakt, so wird der Korridor während des Transportes mit seinen Keimen kontaminiert, und es bedarf einer gewissen Zeit, bis die Luft wieder gereinigt ist. Erst nach dieser Eliminationszeit kann der nächste Patient durch den Korridor transportiert werden, ohne das Risiko einer Kreuzinfektionen mittels aerogener Keime einzugehen.

In einer ähnlich konzipierten Verbrennungsstation konnte Dexter (28)nachweisen, daß der mit positivem Druck belüftete Behandlungsraum zur Streuquelle von Ps. aeruginosa während der Behandlung infizierter Patienten wurde. Deshalb trennte man den Behandlungstrakt durch eine Luftschleuse von der übrigen Station ab und belüftete den Behandlungsraum mit negativem Druck gegenüber der Station. In den Patientenzimmern vor allem kontaminierter Patienten wurden exzessiv hohe Luftkeimzahlen besonders während des Bettens, und wenn sich die Patienten bewegten, festgestellt. Diesem Umstand begegnete man mit der Vernebelung eines Jodophors, was zu einer Reduktion der Keime führte. Als ständige und nicht zu beseitigende Reservoire von Pseudomonaden wurden Waschbecken und Siphons in den Patientezimmern registriert, die als mögliche Infektionsquellen anzusehen sind. Auch Kleidungsstücke und Schuhe des Personals waren von Pseudomonaden besiedelt und dienten als Überträger von Kreuzinfektionen.

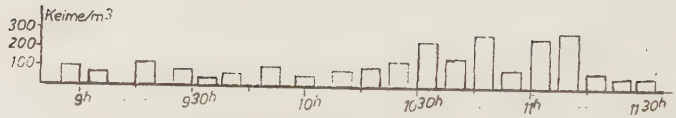
Erst nachdem die Station in einen Teil mit infektiösen und einen mit nicht infektiösen Patienten geteilt wurde verbesserten sich die Behandlungsergebnisse, und es konnte ein längerer Zeitraum ohne das Auftreten von Kreuzinfektionen beobachtet werden.

Gonzenbach und Mitarbeiter (36) führten in einem vergleichbaren Modell, das in der gleichen Art wie die vorangegangene Einheit belüftet wird, die einzelnen Zimmer aber keinen Vorraum besitzen, Luftkeimzahlbestimmungen durch und untersuchte die Umgebung mittels Abklatschproben. Während des Verbandwechsels stiegen die Keimzahlen im Zimmer stark an und erreichten nach ca. dreißig Minuten bei 10-fachem Luftwechsel/Stunde wieder die Ausgangswerte. Im angrenzenden Korridor konnte nur ein geringer Anstieg verzeichnet werden. Demgegenüber zeigte ein Zimmer mit natürlicher Lüftung eine weit länger dauernde Verunreinigung der Luft und höher liegende Keimzahlen im angrenzenden Korridor.



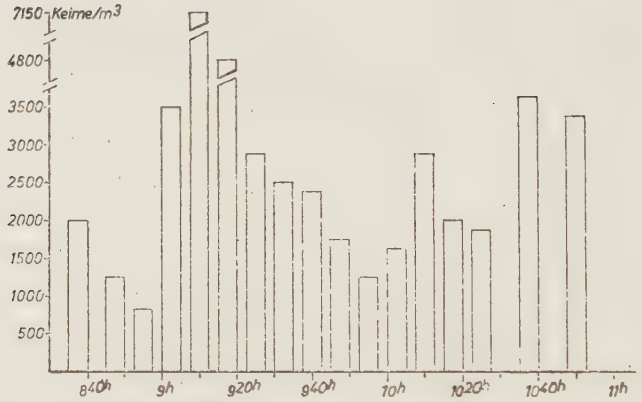
Luftkeimzahlen in einem Patientenzimmer einer Behandlungsstation für Schwerverbrannte

Bild 2



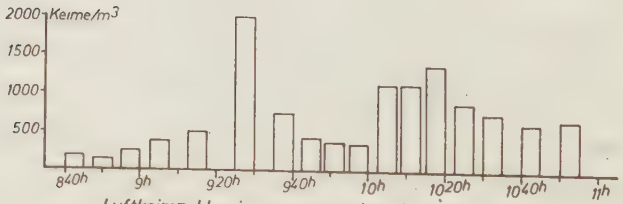
Luftkeimzahlen im angrenzenden Korridor einer Behandlungsstation für Schwerverbrannte

Bild 3



Luftkeimzahlen zu einem Patientenzimmer mit natürlicher Fensterlüftung

Bild 4



Luftkeimzahlen im angrenzendem Korridor eines Patientenzimmers mit natürlicher Fensterlüftung

Bild 5

Abklatschproben zeigten, daß häufige Kontaktstellen wie Türen, Toilette, Telefonhörer und Bad in hohem Maße von Keimen besiedelt waren. Desinfektionsmaßnahmen mit phenolhaltigen Lösungen führten zu einer Reduktion der Keime und erwiesen sich selbst im Bad teilweise erfolgreich, wo anschließend 88 % der Proben kein Wachstum mehr zeigten. Es konnte auch eine Verbesserung der Behandlungsresultate festgestellt werden, was sich an Hand der Mortalität und der Behandlungsdauer nachweisen läßt. Die Mortalität der Patienten mit einer Verbrennungsfläche von 20 - 30 % der Körperoberfläche konnte auf 12 % gesenkt werden. Vor Inbetriebnahme der Station lag sie bei 25 %. Bei Patienten mit einer Verbrennungsfläche von 40 - 50 % lag die Mortalität nach wie vor bei 50 %, jedoch befanden sich unter den Toten keine Patienten mehr der Altersgruppe zwischen 20 und 25 Jahren. In der Gruppe der Patienten mit 60 %-igen Verbrennungen überlebten einige, während in 10 Jahrenvor Bestehen der Station keiner überlebte. Die Behandlungsdauer konnte insgesamt um ca. 50 % gesenkt werden.

In anderen Verbrennungszentren werden die Patientenräume mit positivem Druck zur Umgebung belüftet (6, 41, 69), so daß bei richtig funktionierender Anlage keine komtaminierte Luft in die Zimmer gelangen kann. Die Räume sind mit einem Vorraum und einer Toilette ausgestattet, in der die Luft abgesaugt wird. Das Strömungsverhalten der Luft sieht dann wie folgt aus.

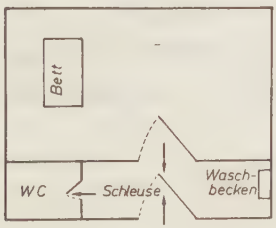


Bild 6

Luftströmung in einem Patientenzimmer mit positiver Belüftung u. Luftschleuse

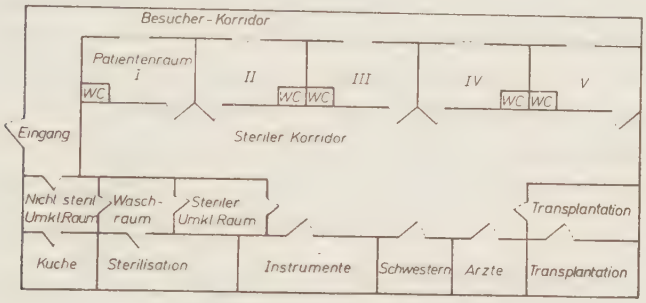
Der Stationseingang ist wie die einzelnen Zimmer mit einer Luftschleuse versehen, wo sich das Personal vor Betreten der Station waschen und steril kleiden muß. In den einzelnen Räumen sind diese Maßnahmen noch einmal zu wiederholen. Zusätzlich müssen Mundschutz, Kopfbedeckung und Handschuhe angezogen werden. Die Patientenzimmer und Vorräume werden indirekt mit UV-Licht bestrahlt, was zu einer Reduktion der Luftkeime führt (44).

Hambreus (41, 42, 43) untersuchte eine solche Station auf ihre Effektivität und benutzte die Ausbreitung von Staphylococcus aureus als Indikator. Hinsichtlich der Kolonisationsrate der Patienten mit Staph. aureus von 64 % ergab sich keine Reduktion gegenüber früheren Ergebnissen, als die Brandverletzten auf einer chirurgischen Station behandelt wurden. Das Vorkommen von Kreuzinfektionen konnte gehäuft beobachtet werden. Als Quelle der Infektionen kamen sowohl Patienten als auch Pflegepersonal, das Staphylococcen im Nasen- Rachenraum aufwies, in Frage. Infektionen entwickelten sich besonders häufig im Anschluß an ein Bad. Das Badezimmer und das Waschbecken stellten auch hier wie in anderen Untersuchungen ständige Infektionsherde dar, die durch keine Maßnahmen nachhaltig zu beseitigen waren (69).

Das Belüftungssystem erwies sich nur zum Teil als verläßlich, kam aber als Ursache der Keimverschleppung nur in geringem Maße in Frage, da der Luftstrom nur in 7 % der beobachteten Fälle vom Korridor ins Zimmer gerichtet war. Bakteriologische Untersuchungen der Schwesternkleidung zeigten eine starke Verunreinigung der Kleidung, so daß das Personal in hohem Maße als Vektor pathogener Keime angesehen werden muß.

Isolierstationen dieser Art dienen nicht nur als Verbrennungsstationen sondern werden auch zur Behandlung anderer infektionsgefährdeter Patienten herangezogen.

Schneider und Mitarbeiter (87) werteten einen Behandlungszeitraum von drei Jahren aus. Die Patienten litten an leukämischen Erkrankungen und wurden in einer Isoliereinheit mit fünf Patientenräumen behandelt.



Plan einer reinen Isolierstation

Bild 7

Die Behandlungsresultate zeigten hinsichtlich der Infektionsfrequenz eine deutliche Verbesserung gegenüber Ergebnissen, die bei der Behandlung in einer normalen Station gewonnen wurden.

	normale Station	Isolierstation
Gesamtzahl der Infektionen	80 %	33 %
Letale Infektionen	17 %	6,5 %

Bagshawe und Mitarbeiter (4, 5) behandelten ebenfalls Patienten mit neoplastischen Erkrankungen in einer ähnlichen Station. Auch hier konnte der Gesamtkeimgehalt in verschiedenen Räumen sowie die Frequenz schwerer Infektionen gegenüber einer normalen Station gesenkt werden.

Sedimentations-ort	Anzahl d. Kolonien/h/qm	
	Isolierstation	Normalstation
Bett 1	702	1400
Bett 2	390	14000
Bett 3	940	7020
Küche	1480	8200
Bad	1010	15600
Ausgußraum	940	5500

Aerogener Keimgehalt mittels Sedimentationsplatten (Bagshawe und Mitarbeiter)

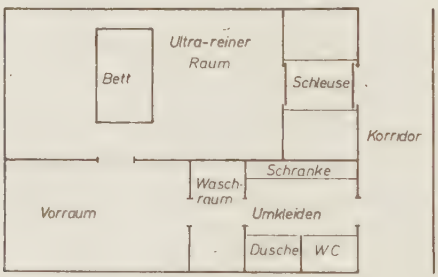
B. Ultra-reine Räume

Eine Intensivierung der Isolierungsmaßnahmen zum voranbeschriebenen System stellt die Anwendung von ultra-reinen Räumen dar. Im Gegensatz zu den "reinen" Stationen erstrecken sich die Schutzmaßnahmen nicht nur auf die Eingangszone der Station, sondern auf jedes einzelne Zimmer. Dem Patientenzimmer ist immer eine Eintrittszone vorgelagert, in der sich das Personal vor Betreten des Zimmers mit sterilen Hosen, Hemd, Kittel, Schuhe, Mundschutz und Kopfbedeckung bekleidet und die Hände mit einer Desinfektionslösung wäscht. Man beschränkt sich heute auf das alleinige Waschen der Hände und hat das vorherige Duschen aufgegeben, da Speers und Mitarbeiter (94) nachweisen konnten,daß die Keimgabe der Haut durch den Duschvorgang verstärkt wird.

Die von James und Mitarbeitern (51) beschriebene Isolierstation liegt nicht innerhalb einer "sterilen" Station, sondern der Korridor gilt als unrein. An der Eingangstür liegt eine mit Desinfektionsmittel durchtränkte Matte, und es stehen Überschuhe zur Verfügung. Die einzelnen Räume sind voll klimatisiert. Die Luft gelangt durch Filter, die Partikel bis zu einer Größe von 0,5 µ absondern, bei 20-fachem Luftwechsel/h in den Innenraum und garantiert eine Temperatur von 20 C^{o} und 50 % rel. Luftfeuchte. Die Luft verläßt den Raum durch Grillöffnungen in der Tür zum Korridor und wird zusätzlich im WC durch eine Absaugvorrichtung entfernt. Eine weitere Absaugvorrichtung befindet sich in der "sterilen" Stationsküche. Gesäubert wird das Zimmer täglich unter Verwendung eines sterilen Eimers und Mops mit einer 1%igen phenolhaltigen Desinfektionslösung. Allerdings ist die hier gebrauchte Konzentration des Desinfektionsmittels bedenklich, da Prince und Ayliffe (82) phenolische Desinfektionslösungen mit einer empfohlenen Anwendungskonzentration von 0,8 % untersuchten und selbst bei 1,6 %-igen Lösungen noch stark konta-

minierte Proben feststellen konnten.

Bei der Versorgung des Patienten wird darauf geachtet, daß nur sterile Gegenstände ins Zimmer gelangen. Dazu bedient man sich zweier ultra-violett bestrahlter Schleusen, eine zum Hineinreichen und eine zum Herausnehmen, so daß die Transportwege getrennt sind. Die UV-Bestrahlung soll die Keime abtöten, die mit der Luft beim Öffnen der Schleuse eingedrungen sind. Bei genügend langer Exposition werden auch Keime auf der Oberfläche von Gegenständen erfaßt. Die sterilisierten Gegenstände wie Bettpfannen, Laken, Flaschen etc. werden in der Schleuse von ihrer Verpackung befreit und können erst nach Schließen der äußeren Schleusentür ins Innere gelangen. Das Essen wird in der "sterilen" Küche zubereitet. Man verwendet sterilisierte Konserven, durch Strahlung sterilisierte Produkte wie Salz, Zucker etc., abgekochtes Wasser und normal gekochte Speisen, die unter einem UV-Schirm abgestellt und in sterilisierten Boxen zu der Schleuse transportiert werden.



Plan eines ultra-reinen Raumes

Bild 8

Jameson und Mitarbeiter (52) führten eine Untersuchung über einen Zeitraum von 5 Jahren an Patienten, die an Leukämie erkrankt waren, durch. Die dabei gewonnenen Daten stellen einen Vergleich dar zwischen Variablen einer normalen Station und der ultra-reiner Räume und lassen eine Verbesserung der Ergebnisse erkennen. So konnte die Frequenz der erworbenen Keimträgerschaft bezüglich Staphylokokken um das 7,5 fache gegenüber der Kontrollstation gesenkt werden. Die Häufigkeit lag auch niedriger als in anderen Untersuchungsreihen.

	Jahr	Ort	Befall pro 100 Patientenwochen
Unters. v. Jameson	1966	ultra-r. Raum	1,9
	1967		1,3
	1968		1,1
	1969		1,7
	1970		0,8
		Kontroll-station	5,0
Andere Untersuchungen		Chir.St.	10,0
		Inner. St.	9,0
		Einzelzi.	6,4
		Unterteilte Chir. Station	3,4

Erworbene Keimträgerschaft bzgl. Staphylokokken

Hinsichtlich der Keimträgerschaft gramnegativer Bakterien konnte auch hier ein Rückgang der erworbenen Keimbesiedelung, verglichen mit einer Untersuchung Shooter's u.Mitarbeiter (89), festgestellt werden, während die Keimträgerschaft bei der Aufnahme keinen signifikanten Unterschied in den beiden

Untersuchungen erkennen läßt. Die Besiedlung des Patienten mit Pseudomonaden und coliformen Keimen in den ultra-reinen Räumen ließ sich auf kontaminierte Speisen und Trinkwasser zurückführen. Eine epidemieartige Besiedlung von vier Patienten mit dem gleichen Stamm von Pseudomonas korrelierte mit einer positiven Stuhlkultur einer Schwester. Das Auftreten schwerer Infektionen wurde in der Mehrzahl der Fälle auf endogene Keime zurückgeführt.

Vossen und van der Waay (101, 102) berichten über eine Untersuchung an Patienten, die sich einer Knochenmarkstransplantation unterzogen hatten und ebenfalls in einem ultra-reinen Raum nachbehandelt wurden. Der hier benutzte ultra-reine Raum befindet sich innerhalb einer "sterilen" Station und ist voll klimatisiert. Bei einem 10 fachen Luftwechsel/h passiert die angesaugte Luft Schwebstoffilter der Sonderklasse S, die zu 99,97 % Partikel von 0,3 µ und größer absorbieren. Das Personal muß vor Betreten der Station duschen und sterile Kleidung anlegen. Der Zugang zu den einzelnen Zimmern führt durch einen Vorraum, wo erneut sterile Kleidung angelegt wird und die Hände desinfiziert werden. Der Raum und alle darin befindlichen Gegenstände werden vor der Benutzung desinfiziert. Alle Gegenstände gelangen sterilisiert und doppelt verpackt zur Station, wo in der Eintrittszone die Erste und im Vorraum des ultra-reinen Raumes die zweite Verpackung entfernt wird. Alle benutzten Gegenstände verlassen den ultra-reinen Raum durch eine Schleuse zum Besucherflur hin. Das Essen und Medikamente werden nicht sterilisiert.

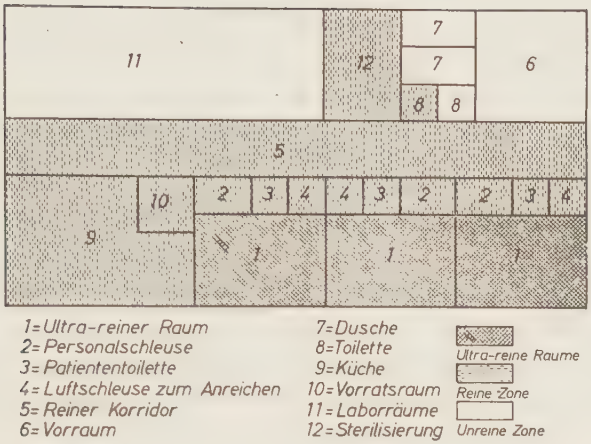


Bild 9

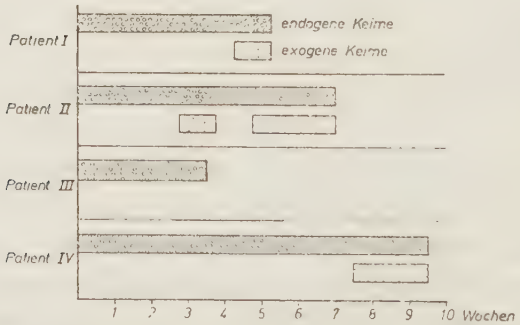
Der Raum wurde vor der Benutzung bakteriologisch getestet, und die Abstriche von Fußböden, Wänden und Einrichtungsgegenständen ergaben positive Befunde bezüglich folgender Keime.

Sporenbildner	35 - 40 %
Staph.albus	15 %
gramnegative Keime	5 % (nur in WC u. Waschbecken)

Der aerogene Keimgehalt lag im unbenutzten Raum zwischen 0 - 150 Keime/m^3 und während der Behandlung stieg er auf 740 - 1110/m^3. Vergleichsweise lagen die Keimzahlen in einem normalen Stationszimmer ohne künstliche Belüftung bei Aktivität zwischen 400 - 4000/m^3. Dies demonstriert den Grad des Auswascheffektes, der durch die leichte Überdruckbelüftung erreicht wird. Bakteriologische Proben von Speisen und Getränken ergaben zu 55 % positive Befunde.

Zur Bestimmung der Effektivität der Isolierung wurden zu

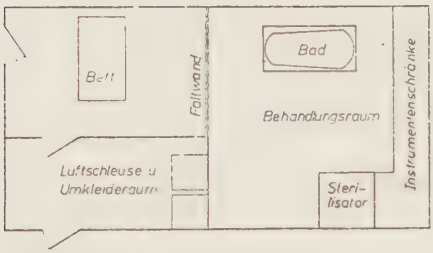
Beginn der Behandlung Stuhlproben und verschiedene Körperstellen der Patienten bakteriologisch untersucht, und die gefundenen Keime als endogen eingestuft. Die bakteriologische Untersuchung wurde während der gesamten Behandlung in gleicher Weise fortgeführt, und die neu hinzukommenden Keime als exogen deklariert. Die Ergebnisse zeigen, daß die Isolierung mittels eines ultra-reinen Raumes unter diesen Bedingungen den Patienten nicht vor einer Kolonisation mit exogenen Keimen schützt, sondern den Zeitpunkt nur hinausschiebt. Bei der Behandlung ähnlicher Fälle ist in einem normalen Stationszimmer nach ca. einer Woche mit einer schweren Infektion zu rechnen. Drei von vier Patienten wurden etwa nach vier Wochen von Klebsiella besiedelt, die schwere Pneumonien verursachten. In einem Fall kam eine zusätzlich Infektion mit Aspergillus fumigatus und Proteus mirabilis hinzu. Ein einziger Patient blieb frei von exogenen Keimen, verstarb aber an einer Infektion, verursacht durch einen Keim, der von den Autoren als "endogen" deklariert wurde.



Isolierung endogener u. exogener Keime von Patienten während der Isolierung in ultra-reinen Räumen

Bild 10

Speziell für die Behandlung von Schwerverbrannten läßt sich der ultra-reine Raum mit einem Behandlungsraum kombinieren, in dem alle therapeutischen Schritte unternommen werden können, so daß das Transportprobelm der Patienten innerhalb der Station zum Bad, Verbands- undOperationsraum entfällt (26). In dem Behandlungsraum befinden sich ein Bad, ein Sterilisator und ein Behandlungstisch. Durch Entfernen der Faltwand, die Schlaf- und Behandlungsraum trennt, läßt sich die Einheit als OP verwenden. Die Gefahr der Kreuzinfektion ist somit durch das Vermeiden gemeinsamer Behandlungsräume und des Transports durch die Station weiter gemindert.



Plan eines ultra-reinen Raumes in einer Station für Schwerverbrannte

Bild 11

C. Das Ster-Air-Bett

Zur Bekämpfung der Keimübertragung auf dem Luftwege sind verschiedene Systeme entwickelt worden, zu denen auch das Ster-Air-Bett gehört. Es besteht aus einem Filtersystem, durch das die Luft aus dem umgebenden Raum angesaugt wird, die einen groben Vorfilter und einen Hauptfilter, einen Schwebstoffilter der Sonderklasse S passieren muß. Die angesaugte Luft wird von einem Vorfilter durch ein mit UV-Lampen ausgestattetes Röhrensystem zum Hauptfilter geleitet. Die Abgabe erfolgt durch einen baldachinartig über dem Patientenbett angeordneten Verteiler, welcher durch die Anordnung seiner Austrittsöffnungen die Luft mit relativ geringer Geschwindigkeit über dem Bett selbst, jedoch mit relativ großer Geschwindigkeit an der Peripherie des Baldachins austreten läßt. Auf diese Art wird ein Vorgang aus Luft gebildet, der mit hoher Geschwindigkeit vom Baldachin auf den Fußboden strömt und das Bett von allen Seiten umgibt.

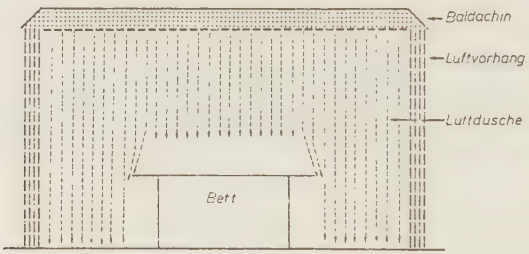


Bild 12

Experimentelle Untersuchungen von Botzenhart und Meier (19) ergaben eine deutliche Keimreduktion innerhalb der Luftglocke. Dies wird besonders deutlich in Tabelle I, die die Ergebnisse bei eingeschalteter Anlage und leerem Zimmer wiedergibt. Tabelle II weist auf Unzulänglichkeiten des Systems hin, denn hier finden sich bei künstlicher Keimeinbringung in den Raum erhöhte Werte. Die Keime sind wahrscheinlich durch Turbulenzbildungen am Randstrom der Luftglocke und in der Umlenkzone des Luftstroms am Fußboden von der umgebenden Raumluft in die Luftglocke übergetreten. Die Filter scheiden als mögliche Quelle der Verunreinigung aus, wie Tabelle III zeigt. Die Werte der Tabelle III wurden durch direktes Besprühen der Filter mit Testkeimen gewonnen. Allerdings muß bemerkt werden, daß die hier angewandte Methode der Luftkeimzahlbestimmung in diesem Fall ungeeignet erscheint, da eine dem Luftkeimgehalt proportionale Sedimentation wegen des Strömungsprofils nicht stattfinden kann.

Expositions-zeit	Aufstellungsort der Platten	Mittlere Kolonienzahl pro Platte
2 Std.	auf dem Ster-Air-Bett	1
	neben d.Ster-Air-Bett	1
4 Std.	auf d.Ster-Air-Bett	2
	neben d.Ster-Air-Bett	2
	außerh. d. Zimmers	35

Tabelle I

Nr.des Versuchs	Expositions-zeit	Aufstellungsort d. Platten	Mittlere Kolonienzahl/ Platte
1	ca. 5 Min.		10 000
2	während d.	auf d.Ster-Air-Bett	3 300
3	Versprühens		700
1			konfluierendes
2		neben d.Ster-Air-Bett	Wachstum
3			
1			700
2	0-30 Min.	auf d.Ster-Air-Bett	550
3	nach dem		600
1	Versprühen		3 300
2		neben d.Ster-Air-Bett	5 000
3			2 700
1			17
2		auf d.Ster-Air-Bett	7
3	30-150 Min.		10
1	nach dem		5
2	Versprühen	neben d.Ster-Air-Bett	45
3			45

1= Sprühen gegen d. Luftvorhang, 2= Sprühen in d. freien Raum
3= Sprühen in entgegengesetzte Richtung d. Luftvorhangs

Tabelle II

Expositionszeit	Aufstellungsort d. Platten	Mittlere Kolonienzahl/Platte
5 Min. während d. Versprühens	auf dem Ster-Air-Bett	2
	neben d.Ster-Air-Bett	2
0-30 Min. nach dem Versprühen	auf dem Ster-Air-Bett	1
	neben d.Ster-Air-Bett	4
30-150 Min. nach d. Versprühen	auf dem Ster-Air-Bett	3
	neben d.Ster-Air-Bett	0

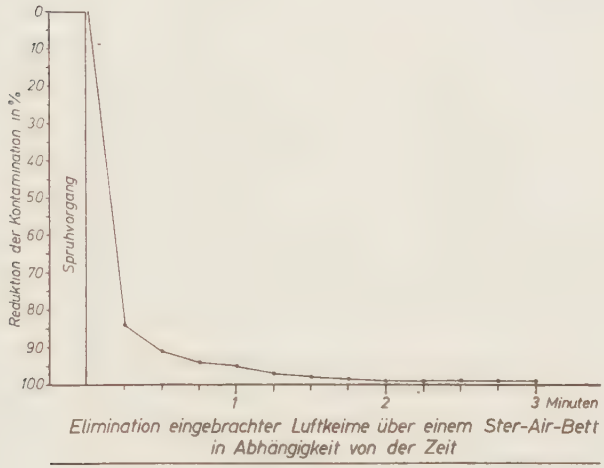
Tabelle III

Untersuchungen von Huszar und Mitarbeitern (50) an einem Ster-Air-Bett erbrachten ähnliche Ergebnisse. Er versprühte fluoreszierende Partikel und Bakterien in Richtung auf das Ster-Air-Bett bei ein- und ausgeschalteter Anlage. Er stellte eine 97-99 %-ige Reduktion der bakteriellen Verunreinigung fest.

Sedimentationsplatte	Kontamination in % u. Zahl d.Kolonien				Reduktion d. Kontamination in %
	Anlage aus		Anlage ein		
	%	Kolonien	%	Kolonien	
1	21,3	190	0,6	6,0	97
2	23,5	209	0,3	3,0	99
3	25,2	252	0,3	3,0	99
4	100	889	1,1	11	99

Der Schutz des Patienten wird jedoch nicht nur durch den Luftvorhang gebildet, sondern auch die Luftdusche über dem Patienten

trägt zur schnellen Elimination eingebrachter Keime bei, wie die Graphik zeigt. Der Verdünnungseffekt wurde durch Einsprühen von Keimen in die Luftglocke und ständiger Probenentnahme während 15 Minuten nachgewiesen.



Elimination eingebrachter Luftkeime über einem Ster-Air-Bett in Abhängigkeit von der Zeit

Bild 13

Huszar behandelte 13 Patienten, die an Leukämie erkrankt waren, bzw. schwere Verbrennungen erlitten hatten, innerhalb von 11 Monaten in einem Ster-Air-Bett und stellte keine schwerwiegende Infektion fest.

Auch Lowbury und Mitarbeiter (71) konnten eine Reduktion der aerogenen Keimübertragung um das 10-fache in einer Luftglocke gegenüber einem normalen Krankenzimmer nachweisen. Er stellte jedoch keine Verminderung der Infektionen durch Pseudomonas aruginosa bei Verbrannten fest, die in einem Ster-Air-Bett behandelt wurden. Infektionen, die durch vornehmlich aerogen übertragbare Keime verursacht wurden, nahmen leicht ab.

Das Pflegepersonal wendete in Lowburys Untersuchung keine besonderen Schutzmaßnahmen an wie sterile Kleidung etc., wohingegen das Personal in der Untersuchung Huszar's alle Vorsichtsmaßnahmen beachtete und nur sterilisierte Gegenstände mit dem Patienten in Kontakt gebracht wurden. Darin liegen wohl die Gründe für die günstigeren klinischen Ergebnisse Huszar's.

D. Laminar Airflow Isolatoren

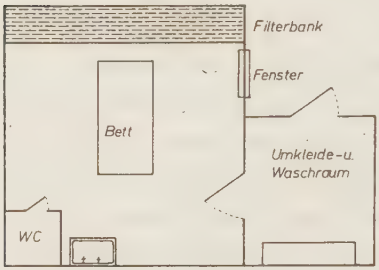
Als Nebenprodukt des US-Raumfahrtprogramms fand das laminare Luftströmungsprinzip Anwendung im medizinischen Sektor. In der Industrie dient es der Reinhaltung von Fertigungsräumen für sensibele Geräte. Ferner wird es bei Fertigungs- und Abfüllprozessen in der pharmazeutischen Industrie sowie in mikrobiologischen Laboratorien angewendet.

Das Prinzip beruht auf dem Auswascheffekt turbulenzfrei und schnell strömender Luft. In allen LAF-Isolatoren tritt die Luft durch Schwebstoffilter der Sonderklasse S (Hepa-Filter) und durchströmt den gesamten Raum mit relativ hoher Geschwindigkeit von ca. 0,5 m/sec, was je nach Raumgröße einem 600-700-fachem Luftwechsel/h entspricht. Dabei werden, wenn keine Turbulenzen auftreten, sämtliche in der Luft befindlichen Partikel in kürzester Zeit durch den stempelartigen Luftstrom entfernt. Turbulente Strömungen sind aber immer dort zu erwarten, wo der gleichförmige Luftstrom durch Gegenstände, Personen oder andere Luftströmungen behindert wird, wodurch die Effektivität des Waschvorgangs vermindert wird.

Das LAF-Belüftungssystem wurde neben der Anwendung in der Chirurgie (106) für die Isolierung von Patienten übernommen und in verschiedenen Versionen in die Klinik eingeführt (13, 14, 29, 33).

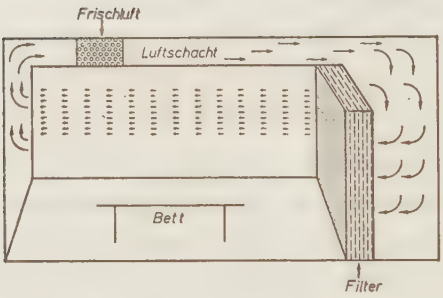
Der LAF-Raum hat die Maße eines normalen Einzelzimmers. Die gesamte Stirnwand wird von einer Hepa-Filterbank eingenommen, durch die die Luft in den Raum eintritt, den sie am Fußende durch eine Vorrichtung in der Decke wieder verläßt. Die Luft rezirkuliert und wird mit 10 - 15 % Frischluft angereichert. Das Bett befindet sich in der Mitte des Raumes nahe der Filterbank. Kopf- und Fußbretter fehlen, um eine möglichst turbulenzarme Strömung zu erreichen. In die Seitenwand des Raumes sind Luftschleusen eingelassen für das Hinein- bzw. Heraus-

reichen von sterilen bzw. benutzten Gegenständen. Am Fußende nahe dem Eingang befinden sich eine Toilette und ein Waschbecken. Die Eingangszone ist als schmutzige Zone gekennzeichnet, die ohne besondere Schutzkleidung betreten werden darf. Muß der Raum zur Pflege und Behandlung betreten werden, ist vorher sterile Kleidung anzulegen.



Plan eines
ultra-rein Raumes

Bild 14

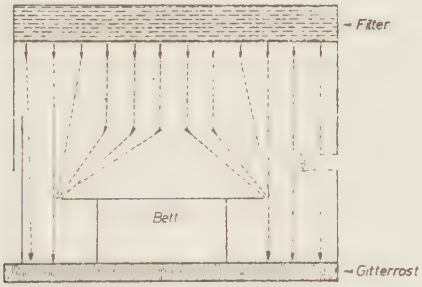


Strömungsprofil

Bild 15

Eine andere Art der LAF-Isolierung gleicht der Plastikzeltisolierung. Die Decke des Plastikzeltes wird von einer Filtereinheit gebildet und der Boden besteht aus einem Gitterrost, durch den die Luft entweichen kann. Die Wände sind aus PVC-Folie gefertigt und haben an der Seite eingelassene Handschuhe oder die Seitenwände überlappen sich, so daß das Personal, ohne den Isolator zu betreten, den Patienten versorgen kann. Am Fußende ist eine UV-bestrahlte Schleuse für das Hin-

einreichen von Gegenständen sowie eine Personenschleuse angebracht. Die Pflege kann von außen mit Hilfe der eingelassenen Handschuhe oder durch den Spalt, der sich durch das Auseinanderdrücken der sich überlappenden Außenwände bildet, geleistet werden. Im zweiten Fall muß man armlange, sterile Handschuhe überziehen. Für schwierige pflegerische oder therapeutische Maßnahmen kann man nach sterilem Ankleiden den Innenraum betreten.



LAF-Plastikzelt

Bild 16

Ein ähnlicher Typ besitzt eine horizontale Luftströmung vom Kopf- zum Fußende, das durch einen Vorhang geschlossen werden kann. Für einfache Tätigkeiten sind auch hier Handschuhe in die Plastikwände eingelassen. Das Personal kann jedoch den Isolator vom Fußende her steril gekleidet betreten, ohne daß die Gefahr der exogenen Keimeinschleppung auf aerogenem Wege besteht, da sich die eintretende Person im abziehenden Luftstrom befindet.

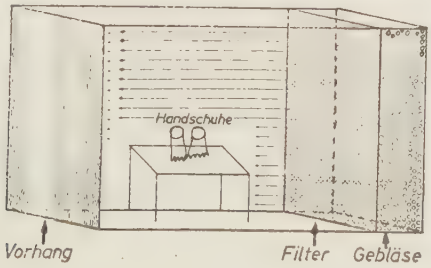


Bild 17

Zum Schluß sei noch eine LAF-Einheit zu erwähnen, die sich besonders für die Pflege von Kindern eignet. Die Liege steht in Tischhöhe längsseits zur Rückwand, die von einer Filtereinheit gebildet wird. Die Luft verläßt den Isolator durch die offene Vorderfront, die mittels einer Klappe fast vollständig verschlossen werden kann. In dem dann noch freibleibenden Spalt treten höhere Luftgeschwindigkeiten auf, so daß das Gesamtströmungsvolumen gesenkt werden kann. Dies ist günstig im Hinblick auf Wärme- und Feuchtigkeitsverluste des Kindes als auch auf die Lebensdauer der Filter. Alle feineren Manipulationen werden bei geöffneter Vorderfront durchgeführt. Bei geschlossener Einheit kann das Kind ohne Schutzkleidung durch Stulpenhandschuhe versorgt werden.

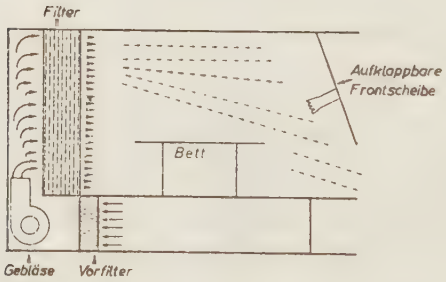


Bild 18

Die organisatorischen Maßnahmen bei den verschiedenen LAF-Einheiten, die die Effektivität der umgekehrten Isolierung gewährleisten sollen, sind die gleichen, die bei den Plastikisolatoren angewendet werden, die im nächsten Kapitel unter-

sucht werden. Jede Einheit wird vor der Inbetriebnahme sterilisiert und während des Betriebes ständig dekontaminiert. Es werden nur sterilisierte und doppelt verpackte Gegenstände, Essen und Medikamente durch ein Schleusensystem dem Patienten zugeführt. Ebenfalls werden in Fällen, wo es angezeigt ist, Antibiotika zur antimikrobiellen Dekontamination verabreicht.

Zur Frage der Effektivität der LAF-Isoliereinheiten liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Obwohl die einzelnen Auswertung nicht repräsentativ sind (34), ergibt sich doch aus der Gesamtheit ein Bild des Wirkungsgrades.

Michaelson und Mitarbeiter (74) führten eine experimentelle Untersuchung mit Puppen und gesunden Versuchspersonen in einem LAF-Raum durch. Die Puppen wurden vor Versuchsbeginn gassterilisiert bzw. mit hexachlorophenhaltiger Seife abgewaschen. Folgende Tabelle gibt Werte über die bakterielle Kontamination der Puppen bzw. der Luft während des Versuchs an. Auffallend ist, daß ca. 90 % der Abstriche der gassterilisierten Puppen negativ waren, während alle Abstriche an Puppen, die in einer normalen Station experimentell untersucht wurden, positive Ergebnisse lieferten.

Versuch an Puppen	Sterile Abstriche in %			Mittlere Kolonienz	
	vor d. Versuch	nach d. Betten	nach körperl. Untersuchung	pro ft^3 Luft oberer Luftstrom	unterer
Aethylenoxid sterilisiert	89,7	82,1	70,0	0,002	0,007
Mit Hexachlorophen behandelt	54,4	54,3	39,8		

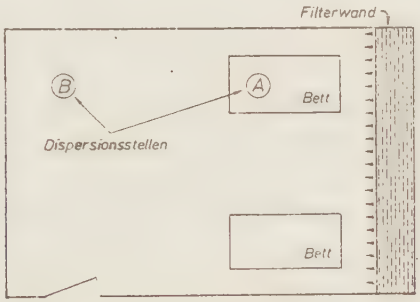
Proben der Handschuhe ergaben, daß bereits vor Beginn des Experimentes die Handschuhe durch Abklatschproben eine Kolonie lieferten und nach dem Experiment die mittlere Kolonienzahl pro Handschuh auf 3,5 angestiegen war. Eine genaue Typisierung der auf der Puppe isolierten Keime zeigte, daß etwa 70 % der Keime menschlichen Ursprungs waren. Der Rest entfiel auf Bakterien, die normalerweise mit Erde und Staub vergesellschaftet sind. Die bakteriologische Untersuchung des Fußbodens und der Wände zeigte, daß trotz langer Behandlung und ohne zwischenzeitliche Säuberung ein Anstieg der Kontamination nicht stattfand. Die Untersuchung mit den Testpersonen lieferte ebenfalls niedrige Luftkeimzahlen, obwohl durch die Personen ständig Keime in die Umgebung abgegeben wurden.

Mittlere Kolonienzahl/ft^3

Woche	LAF-Raum Filterwand	LAF-Raum Gegenüberl. Wand	Normales Stationszimmer
1	0,001	0,042	5,96
2	0,003	0,003	4,27
3	0,000	0,061	1,84
4	0,000	0,033	3,90
Mittelwert	0,001	0,036	3,97

Die Reinigung mit einer Hexachlorophenhaltigen Seife hatte keine wesentliche Reduktion der Hautflora zur Folge. Das Problem der Dehydratation konnte nur grob beurteilt werden. Es zeigte sich aber eine leichte Gewichtsabnahme bei den Versuchspersonen, während Kontrollpersonen in einem normalen Stationszimmer leicht zunahmen. Eine Belästigung durch den Lärm des Gebläses und den Luftstrom wurde nur in den ersten Tagen leicht empfunden.

Lidwell und Towers (66, 67, 68) haben einen mit zwei Betten ausgestatteten LAF-Raum auf seine Fähigkeit untersucht, eine optimale Isolierung zu bieten, und die Gefahr der gegenseitigen Kontamination auszuschließen. Zu diesem Zweck wurden über den gesamten Raum Sedimentationsplatten verteilt und sporentragende Partikel in den Luftstrom gesprüht. Als Dispersionsstellen wurden ein Bett und die im abziehenden Luftstrom befindliche Hälfte des Zimmers gewählt. Während des Experiments bewegten sich zwei steril gekleidete Personen in verschiedenen Aktivitätsstufen im Zimmer. Hier muß darauf hingewiesen werden, daß eine Luftkeimzahlbestimmung mittels Sedimentationsplatten bei diesen Luftbewegungen fragwürdig erscheint.



Versuchsanordnung zur Feststellung der Keimausbreitung in einem Zweibett LAF-Raum

Bild 19

Die Ergebnisse zeigten, daß bei ausreichender Luftgeschwindigkeit (ca. 0,25m/sec) der Grad der Kontamination 100 bis 1000-fach niedriger Lag als in einem Raum mit turbulenter Belüftung. Ein Transport von Partikeln gegen den Luftstrom konnte nur in geringem Maße festgestellt werden, und eine Keimverschleppung quer zur Strömungsrichtung beschränkte sich auf geringe Distanzen. Somit scheint die Untersuchung zu bestäti-

gen, daß ein aerogener Keimtransfer bei einem Bettenabstand von 2 m und einer Luftgeschwindigkeit von 0,25m/sec sehr unwahrscheinlich ist. Es ist zu bemerken, daß im allgemeinen in LAF-Einheiten die doppelte Luftgeschwindigkeit wie oben aufrechterhalten wird und dadurch die Ergebnisse noch günstiger ausfallen können. Die klinische Erprobung an über 100 Patienten, die postoperativ in dieser Einheit behandelt wurden, zeigte, daß die gegenseitige Kontamination zwischen den Kopfenden der Betten nur 1 % der Kontamination betrug, die in normalen Stationszimmern gefunden wird. Trotzdem war hinsichtlich der Neubesiedelung mit Keimen nur ein geringer Unterschied zwischen beiden Patientengruppen festzustellen. Dies ließ sich hauptsächlich auf Kontaktinfektionen durch die Schwestern, die keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen anwendeten, und auf die Besiedelung mit eigenen Darmbakterien zurückführen. Da hier die Anforderung einer strikten Isolation, die das Tragen steriler Kleidung, Versorgung des Patienten mit ausschließlich sterilisierten Gegenständen und Lebensmittel vorsieht, nicht gegeben war, ist diese Studie nicht repräsentativ für die LAF-Isolierung. Sie zeigt aber die deutliche Verminderung des aerogenen Keimgehaltes durch die hohe Luftwechselzahl.

Bodey und Mitarbeiter (12) führten eine vergleichende Studie an Patienten durch, die an Leukämie erkrankt waren. Er benutzte LAF-Räume, Plastikisolatoren und übliche Stationszimmer für eine Kontrollgruppe.
Die Luftproben der normalen Krankenzimmer waren nie steril, während 73 % der in den LAF-Einheiten gewonnenen Proben keinen Keim zeigten. Die Keimzahl lag in LAF-Räumen bei $5/ft^3$ gegenüber $3000/ft^3$ in den Kontrollzimmern. Ebenso waren alle Proben der Fußböden in den herkömmlichen Zimmern unsteril gegenüber 70 % sterilen Fußbodenproben in den LAF-Einheiten. Auch lag das Verhältnis von pathogenen zu nichtpathogenen Keimen weit unter dem der Stationszimmer. Als ständige In-

fektionsquelle stellte sich ein Waschbecken heraus, das trotz permanenter Desinfektion nicht in ausreichendem Maße keimfrei zu halten war.

Sammelort	LAF-Raum		Stationszimmer	
	Zahl d. Proben	% steril	Zahl d.Pro.	%steril
Luft	1168	72	53	0
Fußboden	1733	70	120	0
Sedimentations-platte	1959	58	54	0
Waschbecken	580	60		

Bakteriologische Umgebungsuntersuchung

Die LAF-Einheiten konnten die Infektionsfrequenz senken. Auch die Häufigkeit schwerer Infektionen lag bei den isolierten Patienten tiefer, obwohl sie höhere Dosen von Chemotherapeutika erhielten und die Granulozytenzahlen/100ml geringer waren als bei den Kontrollpatienten.

	Isolier-	Kontrollpatienten
Patientenzahl	33	66
Patienten ohne Infektion	45 %	27 %
Pat. ohne schwere Infektion	76 %	58 %

Häufigkeit von Infektionen bei Isolier- und Kontrollpatienten (Bodey)

Speziell zur Pflege resistenzgeschwächter unf infektionsanfälliger Kinder läßt sich eine für industrielle Zwecke entwickel-

te Laminar - Cross - Flow - Bench verwenden (27, 96).

De Koning und Mitarbeiter (57) behandelten ein an Agammaglobulinämie erkranktes Kleinkind über fünf Monate in einer Flow - Bench, und es konnte keine Kontamination mit pathogenen Keimen oder Viren festgestellt werden. Der Wasser- und Wärmeverlust des Kindes überschritt nicht Werte, die bei normaler Behandlung zu erwarten wären. Zu ähnlich günstigen Ergebnissen kamen Döhmann und Mitarbeiter (32), die zwei an Leukämie erkrankte Kinder vier bzw. acht Wochen ohne ein Zeichen einer Infektion in einer Flow - Bench behandelten. Periodisch bakteriologische Kontrollen wiesen weder endogene Keiminvasion noch exogene Einschleppung auf.

Über die Behandlung schwerverbrannter Patienten in einem Plastikzelt mit laminarer Belüftung berichtet Burke (22). Der Kontakt zu dem Patienten wird durch einen Spalt in der Längsseite der Zeltwand hergestellt, nachdem Arme und Hände steril abgedeckt sind. Während der Behandlung von 20 Patienten trat kein Fall einer exogen verursachten Infektion auf. Auch eine Autoinfektion mit Keimen der Darmflora wurde nicht beobachtet, was aber möglicherweise durch die lokale Applikation von Silbernitrat zu erklären ist. Die Luftproben im unbenutzten Isolator waren immer steril und stiegen während der Behandlung auf 0,06 Keime/ft^3 an.

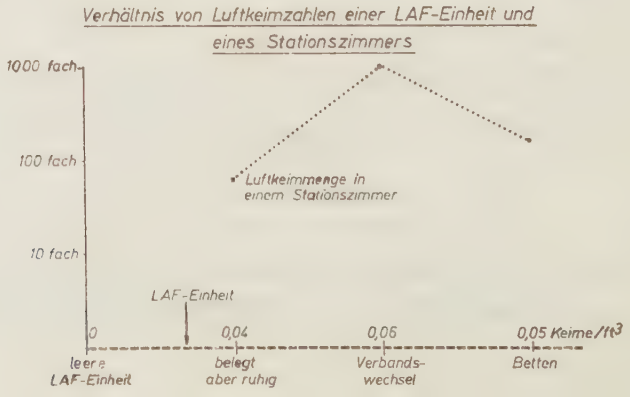


Bild 20

Vossen und van der Waay (101, 102) untersuchten in einer Studie mit Patienten, die sich einer Knochenmarkstransplantation unterzogen hatten, vergleichend einen ultra-reinen Raum mit einer LAF-Einheit. Die Ergebnisse der in den ultrareinen Räumen behandelten Patienten sind im entsprechenden Kapitel dargestellt.
Zwei der drei in der LAF-Einheit behandelten Patienten starben an einer viralen Infektion bzw. an einer durch Pneumocyctis carinii verursachten Lungenentzündung. Die Erreger waren in beiden Fällen schon vor Beginn der Isolierung bei den Patienten nachzuweisen. Der dritte Patient entwickelte keine schwerwiegende Infektion, wurde aber im fünften Behandlungsmonat von einem nichtpathogenen exogenen Keim besiedelt. Die im ultra-reinen Raum behandelten Patienten starben zu 75 % an durch exogenen Keimen verursachten Infektionen, was den Vorteil der LAF-Behandlung hinsichtlich des Schutzes vor exogener Kontamination verdeutlicht. Das klinische Ergebnis zeigt aber auch, daß eine Isolierung nur sinnvoll sein kann, wenn bestehende Infektionen bzw. bedrohliche endogene Keimquellen therapeutisch zu beherrschen sind.

E. Plastikisolatoren

Alle bisher geschilderten Isoliermethoden konnten keinen 100 %-igen Schutz vor exogenen Infektionen bieten, da trotz aufwendiger Belüftungstechniken und minutiöser Vorsichtsmaßnahmen des Personals in Pflege und Behandlung die Gefahrenquelle Mensch nicht ausgeschaltet wurde. Wie Untersuchungen zeigten, gibt der Mensch ständig Keime über den Respirationstrakt, die Haut und kontaminierte Kleidung ab (12, 23, 94, 95). In Tierversuchen hatte man bereits Isolatoren, die aus Metall gefertigt waren, auf ihre Effektivität hin getestet und zufriedenstellende Ergebnisse bei der Aufzucht keimfrei geborener Tiere erzielt. Einen Fortschritt in dieser Isolationstechnik brachte die Entwicklung eines Plastikisolators durch Trexler und Levenson (61, 100). Durch den Ersatz der starren Metallwände durch eine flexibelen, transparenten Plastikfilm wurde die Manipulationsfähigkeit innerhalb des Isolators derart gebessert, daß eine Anwendung am Menschen möglich erschien. Die ersten Isolatoren dieser Art fanden in der Chirurgie Anwendung und wurden später auf die Pflege resistenzgeschwächter Patienten ausgedehnt.

Bis auf geringfügige Unterschiede zeigen die Patientenisolatoren alle den gleichen Aufbau. Über einen Metallrahmen, der an jedem Klinikbett befestigt werden kann, wird ein Plastikzelt gespannt, dessen Boden sich der Matratze anpaßt und somit nach allen Seiten luftdicht verschlossen ist. Eine Längsseite kann durch einen Reißverschluß geöffnet werden, um einen Patienten ins Innere gelangen zu lassen. Andere Typen von Isolatoren haben für diesen Zweck eine verschließbare oval Öffnung am Fußende. Am Kopfende befinden sich Einlaßöffnungen für sterile und vollklimatisierte Luft.

Jede Isolationseinheit besitzt ihre eigene tragbare Klimaanlage, die die angesaugte Luft durch einen groben Vorfilter und einen Hepa-Filter passieren läßt und eine turbulente Luftströmung liefert. An den Seiten befinden sich je nach Typ armlange Handschuhe oder in die Plastikwand eingelassene Anzüge und Kopfhelme mit eigenem Belüftungssystem. Dadurch wird dem Personal eine optimale Pflege ermöglicht, ohne die Isolierschwelle zu durchbrechen. Am Fußende sind eine Luftschleuse oder eine mit einer sterilisierenden Flüssigkeit ausgestattete Schleuse eingelassen. In die ultra-violett bestrahlte Luftschleuse gelangen nur doppelt verpackt sterilisierte Gegenstände, deren äußere Verpackung dort entfernt wird und nach Schließen der äußeren Tür ins Innere des Isolators gereicht werden können. Die keimabtötende Flüßigkeitsschleuse bietet die Möglichkeit, Außenflächen von Verpackungen, Flaschen, Konserven etc. keimfrei zu machen. Benutzte Gegenstände werden innerhalb des Zeltes in Plastiksäcke verstaut und durch die Ausgangsluftschleuse nach außen gereicht. Infusionsschläuche und Anschlußkabel werden durch dich geschlossene Öffnungen in der Plastikwand nach innen geleitet.

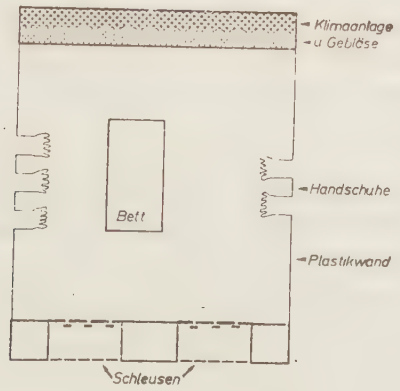


Bild 21

Die Pflege eines Patienten innerhalb eines Isolators erfordert ein für diese Belange besonders ausgebildetes Personal, da jede kleine Nachläßigkeit bei der Wahrung der sterilen Arbeitsweise die ganzen Bemühungen, den Patienten vor exogenen Keimen zu schützen, zunichte machen kann. Ein Leck in der Isolierung kann immer dann entstehen, wenn Materialien, Medikamente oder Lebensmittel durch die Schleuse in das Innere gereicht werden. Dabei müssen die Gegenstände eine gewissen Zeit in der Schleuse belassen werden, um eingedrungene Keime lange genug den sterilisierenden Agentien auszusetzen. Bei der Versorgung des Patienten sind nur sterilisierte Speisen und Getränke zulässig, die entweder als Konserven angeboten oder aber dampfsterilisiert werden. Die Lebensmittel sind auch wie alle anderen Gegenstände doppelt verpackt, wodurch die Sterilität gewährt bleibt. Konserven, deren Außenflächen gassterilisiert sind, werden erst innerhalb des Isolators geöffnet. Durch diese Maßnahmen ist es möglich, Patienten mit keimfreier Kost zu ernähren (53). Die Effektivität der Plastikisolatoren läßt sich an Hand von Daten demonstrieren, die von verschiedenen Arbeitsgruppen gewonne wurden.

Shadomy und Mitarbeiter (90, 91, 92) unterzogen einen Life-Island Isolator einer genauen Untersuchung hinsichtlich der Effektivität des Filterapparates, von Zusatzgeräten, der UV-Luftschleuse und der Wirksamkeit von Chemikalien zur Desinfektion der PVC-Folie.

Die Schwebstoffilter erbrachten eine 100 %-ige Filtration der Testkeime, die eine Größe von 0,5 x 0,5 µ besaßen und waren somit in der Lage, eine keimfreie Luft zu liefern. Zur Abtötung eingedrungener Keime ist eine UV-Bestrahlung innerhalb der Schleuse von mindestens zwei Minuten erforderlich und die Sterilisation von Keimen auf Oberflächenmaterial von Verpackungen benötigt eine dreißigminütige UV-

Exposition. Die anfängliche Sterilisierung des Isolators war mit Peressigsäurelösung zu erreichen, und für die laufende Sanierung erwies sich Benzalkoniumchlorid als effektiv.

Die Auswertung der am Patienten gewonnenen Abklatschproben zeigte, daß durch hygienische Maßnahmen wie Waschen der Patienten mit einer dreiprozentigen hexachlorophenhaltigen Seife nur eine kurze Keimreduktion erzielt wurde, und eine Repopularisierung der Haut mit normalen Hautkeimen und in der Perianal-, Gluteal und Hüftregion vor allem mit Faekalkeimen bald wieder einsetzte. Residente Keime des Respirationstraktes waren nicht auf der Haut zu finden, da sie wahrscheinlich sensibel gegen Hexachlorophen waren.

Proben von Oberflächen innerhalb des Isolators waren zu 28,5 % bakteriologisch positiv, wobei die Keime hauptsächlich aus dem Darmtrakt stammten. Isolierte Luftkeime stammten ebenfalls alle vom Patienten selbst, und die mittlere Keimzahl lag bei $20/m^3$. Zeitweise lag sie aber um das Doppelte über dem aerogenen Keimgehalt der angrenzenden Station, was auf einen zu geringen Luftwechsel schließen ließ. Exogene Keime konnten zu keinem Zeitpunkt nachgewiesen werden. Somit erwies sich die Isolierung als effektiv.

Bei einer Umgebungsuntersuchung normaler Krankenzimmer und Plastikisolatoren aus hygienische Sicht konnten Bodey und Mitarbeiter (12) die Vorzöge der Isolatoren verdeutlichen.

96 % der Abklatschproben, die von der Oberfläche des Life-Island-Isolators vor Benutzung und nach Sterilisation mit 2 %-iger Peressigsäure gewonnen wurden, waren steril. Fußbodenproben der Stationszimmer zeigten eine hundertfach höhere Kontamination als die der Plastikisolatoren.

	Keimzahl/1000ft^3	% sterile Proben
Plastikisolator	31	22
Stationszimmer	3064	0

Luftkeimgehalt

Die Hauptquelle der bakteriellen Kontamination des Isolators war der Patient. Nur einmal konnte ein exogener Keim nachgewiesen werden.

Bakterienart	Häufigkeit des Keimnachweises			
	Patient	Luft	Oberfläche	Gesamt
Klebsiella-Enterobact.				
Serratia	3	0	0	3
Pseudomonas	1	1	0	2
Nicht enter.gramneg.Bakt.	0	6	0	6
Clostridium	9	0	3	12
Staph.aureus	7	0	1	8
Enterococcus	9	1	0	10
Cadida	11	1	1	13
E.coli,Proteus,Citrob.	4	1	1	6

Quelle der nachgewiesenen Keime

In einer Untersuchung an Patienten, die mit Zytostatika behandelt wurden, konnten Levitan und Mitarbeiter (64, 65) folgende Daten gewinnen. Im unbenutzten Zustand konnten keine Keime im Innern des Isolators nachgewiesen werden. Die mittlere Keimzahl aller Luftproben während der Behandlung lagen bei 12,7 / 100 ft^3 gegenüber 330 / 100 ft^3 in einem normalen Zimmer. Die Keime stammten hauptsächlich von der

Hautflora der Patienten, und die höchste Keimdichte wurden während der Hauptpflegezeiten verzeichnet. Keime exogenen Ursprungs konnten nicht isoliert werden.

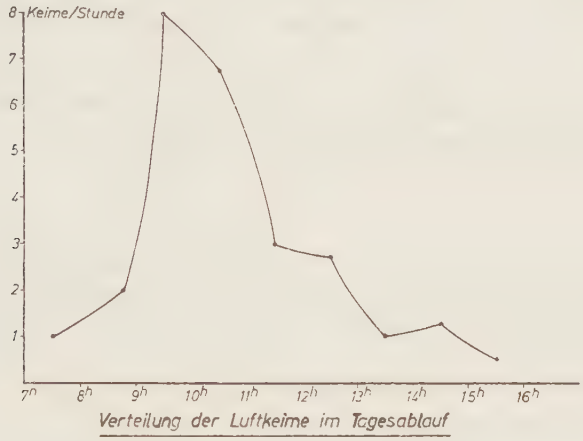


Bild 22

Durch die Verabreichung nicht resorbierbarer Antibiotika waren 60 % der Stuhlproben bzgl. aerober Keime und 74 % bzgl. anaerober Keime steril. Die Infektionshäufigkeit konnte auf 30 % der bei normaler Behandlung zu erwartenden Infektionsrate gesenkt werden, wenn man die Zahl der Granulozyten/100 ml zur Häufigkeit einer Infektion in Relation setzt (10).

Bodey kam in einer ähnlichen Untersuchung zu dem gleichen Ergebnis (12).

Levine und Mitarbeiter (63) führten eine kontrollierte Untersuchung an 84 Patienten in drei Gruppen durch, die an Leukämie erkrankt waren. Die erste Gruppe wurde in einem Isolator behandelt und erhielt zusätzlich nicht resorbier-

bare Antibiotika zur Reduktion der Magen- Darm- Flora. Die zweite Gruppe erhielt nur die Antibiotika, und die dritte Gruppe wurde weder isoliert noch prophylaktisch mit Antibiotika behandelt. Die Studie ergab, daß die Patienten der Gruppe eins nur halb so viele Infektionen während der Behandlung wie die der Gruppen zwei und drei aufwiesen. Außerdem verstarb kein Patient der Gruppe eins an einer Infektion, während ca. ein Viertel der übrigen Patienten einer Sepsis erlagen.

Art der Infektion	Häufigkeit d. Infektionen Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Bakterielle Sepsis	2	5	5
Bakterielle Pneumonie+Sepsis	0	3	2
Pneumonie ohne Sepsis	1	6	5
Pneumonie durch Pilze	0	3	4
Gesamt	3	17	16

Schwere Infektionen während der Behandlung

Die Isolationsmaßnahmen führten zu einer Senkung der Luftkeimzahlen und gewährten einen optimalen Schutz vor Kontaktinfektionen. Somit kann die Isolierung als Grund für die niedrige Infektionsfrequenz angesehen werden, da keine Infektion der Gruppe eins auf einen exogenen Keim zurückgeführt werden konnte.

Dies widersprich Untersuchungen der Mitarbeiter von Levitan und Preisler (65,81), die aussagen, daß die alleinige Verabreichung von Antibiotika zu derselben Infektionsverminderung führt wie die Anwendung eines Life Island Isolators. Nach Bodey und Mitarbeiter (11) führt zwar die Applikation

nicht resorbierbarer Antibiotika zu einer deutlichen Abnahme positiver Stuhlkulturen, jedoch stellt sich ein Keimwandel zu resistenten Stämmen ein, und dies ist umso gefährlicher je mehr pathogene Keime durch aerogenen oder direkten Kontakt den Patienten bedrohen.

	Negative Stuhlkulturen bezüglich Aerobier	Anaerobier	Pilze
Gruppe I	99 %	88 %	79 %
Gruppe II	87 %	87 %	59 %
Gruppe III	1 %	0 %	36 %

Suppression der gastrointestinalen Flora durch Antibiotika (Levine)

Bodey et al. (12, 16) kamen in einer vergleichenden Studie zu ähnlichen Ergebnissen. In der Untersuchung blieben 45 % der Isolationspatienten infektionsfrei, während nur 27 % der Kontrollgruppe, die in normalen Stationszimmer behandelt wurden, keine Infektion zeigten. Dies ist umso bemerkenswerter, da die Isolationspatienten mit höheren Dosen von Zytostatika behandelt wurden und entsprechend die Granulozytopenie stärker ausgeprägt war, was mit einer höheren Infektionsanfälligkeit korreliert. Schwere Infektionen traten bei 24 % der Patienten der Isolationsgruppe und bei 43 % der Kontrollgruppe auf. Außerdem konnte eine Verbesserung der Remissionsrate der Isolationsgruppe im Gegensatz zur Studie Levine's festgestellt werden.

Über die Behandlung Schwerverbrannter in einem Plastikisolator berichten Haynes und Mitarbeiter (45), die fünf Patienten unter diesen Bedingungen untersuchten.

Sie konnten hier zum ersten Mal die Bedeutung der Autoinfektion von Verbrennungswunden beurteilen, da eine exogene Keimquelle weitgehend auszuschließen war. Vier der Patienten entwickelten zu irgendeinem Zeitpunkt eine Infektion durch St.aureus oder Ps.aeruginosa. Entweder waren die Keime schon bei der Einlieferung auf der Wunde oder aber während des Behandlungszeitraums im Nasen- Rachenraum bzw. Stuhl nachzuweisen. In einem Fall trat eine Infektion durch St. aureus erst nach Absetzen von Neomycin auf. Da der Stuhl bis dahin negative Ergebnisse lieferte, ist die Darmflora wahrscheinlich nur bis zu einem gewissen Minimum mit antibakteriellen Mitteln zu unterdrücken und vermehrt sich wieder nach Absetzen der Medikamente (15).

Laduke und Mitarbeiter (58) berichteten ebenfalls über gute Ergebnisse bei der Behandlung Schwerverbrannter. Eine Infektion konnte solange verhindert werden, wie die Isolation nicht durchbrochen wurde. Erst nachdem der Patient den Isolator zur Hauttransplantation verlassen mußte, kam es zu einer Infektion.

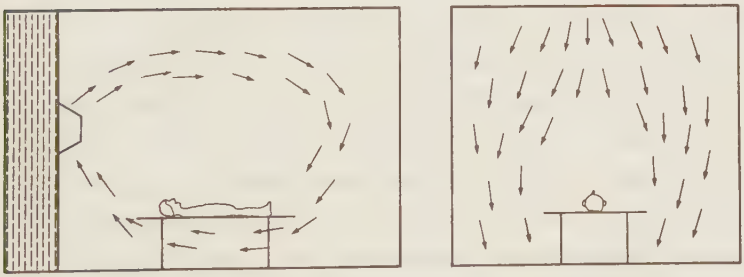
Lowbury und Mitarbeiter (71, 72) führten eine vergleichende Studie an Brandverletzten durch und registrierten eine deutliche Minderung der Infektionsfrequenz bei der Behandlung in einem Isolator gegenüber der Behandlung in einer offenen Station. Trotzdem beobachteten sie Fälle von exogen verursachten Infektionen durch Hospitalismuskeime, die mit dem Essen bzw. anderen Artikel in Kontakt mit den Patienten kamen. Er verwendete keine sterilisierten Lebensmittel, die somit als Quelle der Infektion durch Ps.aeruginosa in Frage kamen, da gerade Ps.aeruginosa durch direkten Kontakt und weniger aerogen übertragen wird, wie er an Hand von Experimenten feststellen konnte. St.aureus, ebenfalls Hauptinfektionskeim von Brandwunden, wird dagegen gleichermaßen aerogen

wie auch durch Kontakt übertragen.

Hummel et al. (48, 49) behandelten in einer vergleichenden Studie Patienten in Plastik- und LAF-Isolatoren. Während der Behandlung brandverletzter Kinder innerhalb des Plastikisolators kam es zur Ausbreitung von Darmkeimen über den Körper der Patienten und die Isolatorwände, wobei die Patienten stärker besiedelt waren als die Plastikwände. Außerdem trat ein Überwachsen des Darmes mit Candida albicans nach Suppression der normalen Flora auf.

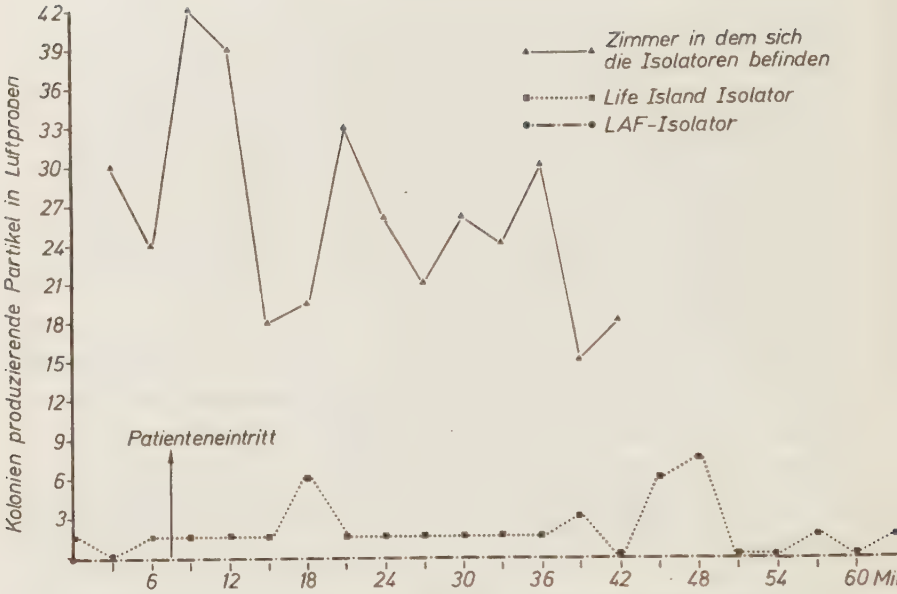
Hummel kommt zu dem Schluß, daß die totale Isolierung innerhalb eines Plastikisolators einen kompletten Schutz gegen exogene Keime bietet, jedoch durch das Auftreten relativ hoher Luftkeimzahlen endogener Bakterien bei stärkerer Aktivität und längerer Behandlungszeit Infektionen auftreten können.

Strömungsprofil



Life Island *LAF-Einheit*

Bild 23



Vergleich der Luftkontamination von einem Plastik-Isolator, LAF-Isolator und umgebendem Raum

Bild 24

Der LAF-Isolator verhindert eine Kreuzkontamination von Patient zu Patient mittels der Luft, die weitgehend freibleibt von ex- und endogenen Keimen. Die Gefahrenquelle für eine Kontamination liegt jedoch bei dem Personal, das in direkten Kontakt mit dem Patienten kommt, und somit die Möglichkeit der Kontaktinfektion gegeben ist. Hinsichtlich des Arbeitsaufwandes erscheint der Plastikisolator für die Behandlung Schwerverbrannter ungünstig, da sich der Arbeitsablauf als sehr mühsam erwies. Die Behandlung von Leukämiepatienten innerhalb des Isolators gestaltete sich weniger zeitraubend.

Aus den am Ganzkörper gewonnenen Erkenntnissen hat man spezi-

ell für Patienten mit lokalisierten Verbrennungen Teilisolatoren entwickelt, die z. B. der Isolierung einer Extremität dienen. Die Funktionsweise ist die gleiche wie die der Ganzkörperisolatoren. Sie besitzen eine sterile Luftversorgung, eine Schleusensystem und sind mit eingelassenen Handschuhen versehen. Sie bieten einen gewissen Vorteil gegenüber den Ganzkörperisolatoren, da z. B. Wundflächen der Extremitäten nicht dem endogenen Infektionsrisiko durch Darmbakterien ausgesetzt sind.

F. Antibiotikaprophylaxe

Betrachtet man die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen, so ist der Stellenwert der einzelnen protektiven Maßnahmen nicht klar herausgestellt, sondern es bietet sich lediglich die Summe der jeweiligen Faktoren. Erst durch ein relativ verläßliches Isoliersystem, daß einen weitgehenden Schutz vor exogenen Keimen bietet und somit auch eine bakteriologische Kontrolle erlaubt, wurde es möglich, den Einfluß einzelner Maßnahmen genauer zu erfassen.

Bei intakter Isolation durch Plastikisolatoren waren die dann noch auftretenden Infektionen auf endogene Keime zurückzuführen. Somit schien es sinnvoll, auch dieses Keimreservoir durch prophylaktische antimicrobielle Maßnahmen auszuschalten. Zu dieser Frage, der Effektivität einer Behandlung mit nicht resorbierbaren Antibiotika zur enteralen Keimsuppression, liegen einige Untersuchungen vor, die zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen.

Preisler und Mitarbeiter (81) untersuchten zwei Patientengruppen mit der Fragestellung, ob die Isolierung oder die Antibiotikatherapie zur Senkung der Infektionsfrequenz gegenüber nicht protektiv behandelten Patienten führt.

Die erste Gruppe wurde in einem Life-Island Isolator behandelt und erhielt zusätzlich Antibiotika. Die zweite Gruppe außerhalb des Isolators wurde nur antibiotisch abgedeckt und erhielt weder sterilisiertes Essen noch wurden sonstige protektiven Maßnahmen ergriffen. Die Auswertung der Stuhlkulturen bzgl. Sterilität ergab folgendes Bild.

	Sterile Stuhlkulturen in %		
	Aerobier	Anaerobier	Pilze
Gruppe I	92 %	97 %	16 %
Gruppe II	85 %	75 %	20 %

Aus den Ergebnissen läßt sich kein signifikanter Unterschied erkennen, was Preisler veranlaßt, die Versorgung der Patienten mit dem wenig schmackhaft sterilisierten Essen in Frage zu stellen.

Hinsichtlich der Infektionsfrequenz beider Gruppen ergibt sich folgendes Bild. Zur Verdeutlichung des Resultates ist das Ergebnis einer Untersuchung Bodey's und Mitarbeiter (10) an Patienten angeführt, die weder isoliert noch antibiotisch behandelt wurden.

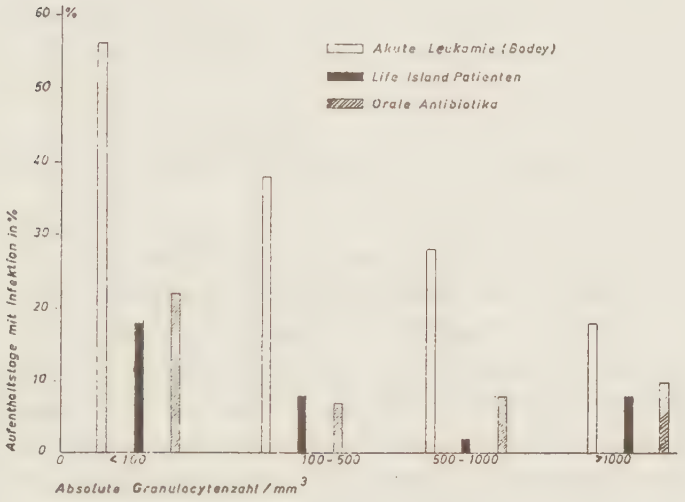


Bild 25

Trotz der Tatsache, daß die Patientengruppen relativ klein und nicht in allen Punkten vergleichbar sind, zeigt die Untersuchung doch einen Trend. Zur Untersuchung Bodey's konnte die Infektionsfrequenz erheblich gesenkt werden, während innerhalb beider Gruppen nur eine geringfügige Differenz besteht.

Schimpff und Mitarbeiter (35, 86) untersuchten 64 Patienten in drei Gruppen unter dem Gleichen Aspekt wie Preisler.

Die erste Gruppe wurde in einem LAF-Raum mit nicht resorbierbaren Antibiotika behandelt, die zweite Gruppe erhielt in einem normalen Stationszimmer nur die Antibiotika, und bei der dritten Gruppe wurden keine protektiven Maßnahmen ergriffen. Die Patienten der Gruppen I und II hatten statistisch signifikant weniger Infektionen als die Patienten der Gruppe III. Die Gesamtzahl der Infektionen der Gr. I und II betrug weniger als die Hälfte der Gruppe III. Die Zahl schwerer mit Bakteriämie einhergehender Infektionen konnte bei den Gruppen I und II auf ein Viertel gegenüber der Kontrollgruppe gesenkt werden.
Vergleiche zwischen den Gruppen I und II zeigten geringe Vorteile der Gruppe I, die jedoch keine statistisch signifikanten Aussagen erlauben.

Yates und Mitarbeiter (110) konnten das Resultat von Preisler und Schimpff nicht bestätigen. In ihrer Untersuchung arbeiteten sie mit folgenden vier Patientengruppen:
I = LAF- Raum + Antibiotika, II = nur LAF-Raum, III = Einzelzimmer + Antibiotika, IV = keine protektiven Maßnahmen. Die Gruppen I und II hatten deutlich weniger Infektionen, was auf einen deutlichen Vorteil der Isolierung gegenüber der alleinigen antiobiotischen Behandlung hinweist.

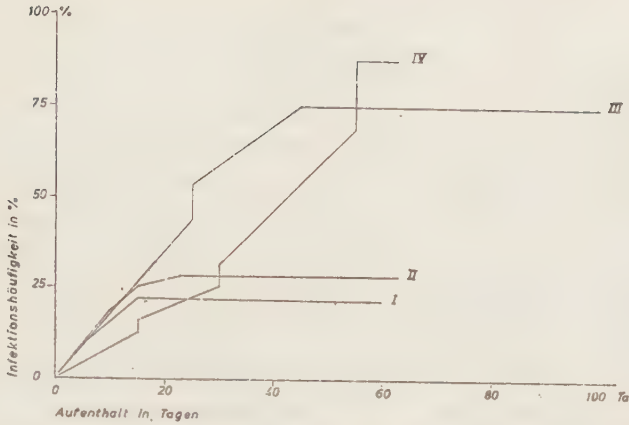


Bild 26

In einer ähnlichen im vorangegangenen Kapitel erwähnten Untersuchung konnten Levine und Mitarbeiter in etwa das Ergebnis von Yates bestätigen. Hier traten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Infektionsfrequenz zwischen einer isolierten, antibiotisch und einer nur antibiotisch behandelten Gruppe zutage. Eine nicht protektiv versorgte Kontrollgruppe hatte etwa die gleiche Infektionshäufigkeit wie die nur antibiotisch behandelten Patienten. Die prozentuale Sterilität der Stuhlproben der beiden antimicrobiell behandelten Gruppen zeigte keine Differenz, obwohl die nicht isolierten Patienten wesentlich häufiger Infektionen erlitten. Diese Diskrepanz ist wahrscheinlich mit einer verminderten Kolonisationsresistenz der gastro-intestinal "sterilisierten" Patienten gegenüber resistenten Keimen zu erklären, wie es van der Waay und Mitarbeiter (103) in Tierversuchen nachweisen konnten.

	Sterilität der Stuhlproben in %		
	Aerobier	Anaerobier	Pilze
Gruppe I (Isol+A)	99 %	88 %	79 %
Gruppe II (Antibi)	87 %	87 %	59 %
Gruppe III (Kontr.)	1 %	0 %	36 %

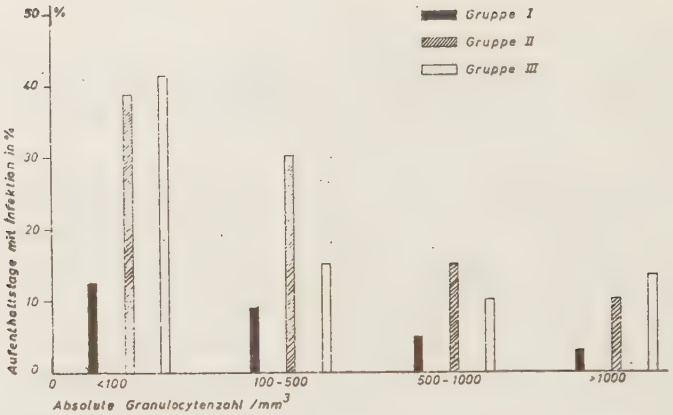


Bild 27

Wie aus den vorliegenden Untersuchungen hervorgeht, ist durch die prophylaktische Anwendung nicht resorbierbarer Antibiotika eine weitgehende Suppression enteraler Keime zu erzielen. Inwieweit allein dadurch eine Minderung der Infektionshäufigkeit resultiert, läßt sich auf Grund der vorliegenden Literatur nicht beurteilen.

So konnten Preisler und Schimpff nachweisen, daß allein die Verabreichung nicht resorbierbarer Antibiotika in gleichem Maße eine Senkung der Infektionsfrequenz bewirken wie eine zusätzliche und aufwendige Isolierung des Patienten. Dieses Verhalten konnten auch Klastersky und Mitarbeiter (54) in einer Untersuchung bestätigen.

Dem stehen die Ergebnisse von Yates und Levine gegenüber, die die Isolierung als wesentlichen Faktor für die Senkung der Infektionshäufigkeit darstellen.

Diskussion

Alle voranbeschriebenen Isoliersysteme und protektiven Maßnahmen verfolgen das gleiche Ziel: Dem infektionsgefährdeten Patienten den bestmöglichen Schutz vor exogenen bzw. endogenen Keimen zu gewähren.
Will man die verschiedenen Isoliersysteme miteinander vergleichen, so muß man die baulichen und organisatorischen Unterschiede, die für die Effektivität der einzelnen Modelle ausschlaggebend sind, beachten. Es genügt nicht, allein Statistiken über Infektionsfrequenzen, Behandlungsdauer und Mortalität der verschiedenen Systeme zu untersuchen, da diese Größen nur zum Teil durch die Art der Isolierung beeinflußt werden. Zudem sind die untersuchten Patientengruppen der einzelnen Studien statistisch bis auf einige Ausnahmen nicht vergleichbar. Direkt vergleichbare Faktoren stellen dagegen die möglichen Vektoren der Keime dar. Dazu gehören:

1. Der Mensch
2. Die Luft
3. Bedarfsgegenstände
4. Lebensmittel und Medikamente

Je gründlicher diese Faktoren als Infektionsquelle ausgeschaltet werden können, desto effektiver erscheint eine Isolierung.

In allen Systemen, in denen das Personal noch in direkten Kontakt mit dem Patienten kommt, ist die Gefahr der Keimeinschleppung gegeben, denn der Mensch gibt ständig Keime an die Umgebung ab. Als Keimquelle kommen Haut und Anhangsgebilde, der Respirationstrakt sowie die Kleidung in Frage. Das Ausmaß der Keimverbreitung durch den Menschen hängt ab

von seiner Körperhygiene, Gesundheitszustand, dem Tragen von Schutzkleidung und seiner Aktivität (9). Auch eine Schutzkleidung wie sie während Operationen getragen wird, vermag die Keimabgabe nicht zu verhindern (97). Ist zudem der Nasenrachenraum bzw. die Kleidung des Pflegepersonals mit pathogenen Keimen kontaminiert, was bei Krankenhauspersonal häufiger als bei der Normalbevölkerung der Fall ist, so ist damit die Gefahr der Kreuzinfektion für resistenzgeschwächte Patienten besonders groß.

Wie die vorausgehenden Untersuchungen zeigten, stellt die Raumluft ebenfalls ein reiches Reservoir an pathogenen Keimen dar, die zur Entstehung von Kreuzinfektionen beitragen können. Die Keime sind entweder an Staub oder Tröpfchen gebunden und verharren in schwebendem Zustand. Als Quelle der Luftkeime erweist sich der Mensch, besonders der infizierte Mensch, der aus dem Nasenrachenraum beim Atmen und mehr noch beim Sprechen, Husten und Niesen Tröpfchenkeime und von Wundflächen an Gewebsteile oder Sekrete gebundene Keime abgibt. Ebenso werden an Staubteile gebundene Keime von Fußböden, Wänden, Schränken und anderen Oberflächen bei Luftbewegungen aufgewirbelt und reichern den Luftkeimgehalt an. Eine andere oft nicht beachtete Quelle der Luftkontamination können Klimaanlagen und Luftbefeuchter sein (37, 39, 55). So konnte Grün (40) in Wäscherkästen, die der Luftbefeuchtung und Elimination unerwünschter Luftbestandteile dienen, Keimzahlen bis zu 100 Mio/ml feststellen. Häufig sind zudem die Filter, die eine keimfreie Luft garantieren sollen, nicht fachgerecht in den vorgesehenen Rahmen eingespannt, so daß ungefilterte, keimhaltige Luft an den Rändern ausströmen kann.

Eine weitere Infektionsmöglichkeit ist durch Bedarfsgegenstände und Lebensmittel gegeben, die kontaminiert mit dem Patienten in Kontakt kommen. So konnten Grün, Kominos und Shooter Pseudomonas aeruginosa in Nahrungsmittel isolieren, die für die Verpflegung von Patienten bestimmt waren (38, 56, 88). Außerdem waren Pseudomonaden in Wasserhähnen und vor allem in Waschbecken nachweisbar (105). Auf die Schwierigkeit, Waschbecken und Ausgüsse zu desinfizieren, ist mehrfach hingewiesen worden, und somit müssen diese als ständige Gefahrenquelle angesehen werden (98). Kontaminierte Lebensmittel scheinen auch der Grund zu sein für die deutliche Zunahme der Darmkeimträgerschaft von Ps. aeruginosa bei hospitalisierten Patienten gegenüber der Normalbevölkerung.

Normalbevölkerung		Patienten	
Linde u. Mitarb.	1,2 %	Hunter u. Mitarb.	15,0 %
Grün	2,7 %	Grün	17,9 %
Lowbury u. Mitarb.	3,0 %	Shooter u. Mitarb.	38,0 %
Haenel u. Mitarb.	3,5 %	Bodey	54,0 %
Gould	4,0 %		
Darrel u. Mitarb.	8,2 %		

Prozentuale Häufigkeit von Ps.aerug. in Stuhlproben von Patienten und Normalbevölkerung (Grün)

Inwieweit dadurch eine erhöhte endogene Infektionsrate bedingt ist, läßt sich aus einer Untersuchung Bodey's (15), ablesen, die die Darmkeimträgerschaft mit der Häufigkeit von Pseudomonadeninfektionen vergleicht. In der Gruppe der Nichtkeimträger traten bei 13 %, in der Gruppe der Keimträger bei 26 % Infektionen auf.

Bei dem Versuch eine Wertung der Effektivität der verschiedenen Isoliersysteme vorzunehmen, muß man die Ausschaltung exogener Keimeinschleppung als Kriterium bewerten.

Die Keimeinbringung durch den Menschen während der Pflege kann nur durch die Plastikisolatoren weitgehend vermieden werden. Alle anderen Systeme sind bzgl. dieses Faktors nicht zuverlässig. Auch Maßnahmen, wie sie in ultra-reinen Räumen und LAF-Einheiten angewendet werden, können einen exogene Kontamination durch das Personal nicht verhindern.

Bezüglich der Luft als möglichem Keimvektor bietet das LAF-System den wirkungsvollsten Schutz, wie die Luftkeimzahlmessungen beweisen. Der hohe Verdünnungseffekt und die turbulenzarme Luftströmung sorgen hier für eine schnelle Elimination eingebrachter Keime. Das Belüftungssystem des Ster-Air-Bettes ist nicht in dem gleichen Maße verläßlich, wie die Ergebnisse von Botzenhard zeigten, der Turbulenzströmungen an der Randzone für das Eindringen exogener Keime in die Luftglocke verantwortlich machte.
Die Plastikisolatoren garantieren zwar eine von exogenen Keimen freie Luft, jedoch baut sich innerhalb des Zeltes durch die relativ geringe Luftwechselzahl und das turbulente Strömungsprofil ein hoher endogener Keimgehalt auf. In den ultra-reinen Räumen konnte der Luftkeimgehalt durch die künstliche Belüftung, Luftschleuse und UV-Bestrahlung gegenüber normalen Stationszimmern gesenkt werden; es traten aber auch hier hohe Keimzahlen besonders während irgendwelcher Aktivitäten auf. Die Isolierstationen, besonders die mit negativen Druckverhältnissen in den Patientenzimmern gegenüber dem Korridor, bieten keinenSchutz gegen exogene Luftkeime, da ein ungehinderter Luftaustausch zwischen Korridor und Zimmer besteht. Diejenigen Isolierstationen mit positiven Drucken in den Patientenzimmern und vorgelagerten Luftschleusen sind mit den Verhältnissen

in den ultra-reinen Räumen zu vergleichen. Jedoch ist das Funktionieren des Gesamtbelüftungssystems einer Isolierstation nicht immer gewährleistet, wie die Untersuchung von Hambreus zeigt, was zu Kreuzinfektionen führen kann.

In organisatorischer und hygienischer Hinsicht zeigen die Systeme bis auf die Isolierstationen keine großen Unterschiede. Es werden nur sterilisierte und doppelt verpackte Gegenstände in die Isoliereinheiten gereicht. Ebenso wird für eine keimfreie Ernährung je nach Untersuchungsgruppe gesorgt. Somit ist bei genauer Beachtung der Vorsichtsmaßnahmen eine Versorgung des Patienten mit sterilen Materialien, Speisen und Getränken mit großer Wahrscheinlichkeit möglich(31, 83).

Trotzdem läßt sich ein Eindringen exogener Keime auch in einen Plastikisolator, der diesbezüglich am zuverlässigsten erscheint, nicht verhindern (47). Denn Fehler im technischen Bereich wie schadhafte Filter, nicht funktionierende Schleusen und Mikrorisse in Handschuhen können immer wieder, wie auch die nicht vollständig zu erreichende Dekontamination von Oberflächenmaterialien mittels UV-Bestrahlung oder desinfizierender Lösungen, zur Invasion exogener Keime führen. Ebenso können Medikamente, die als steril gelten, pathogene Keime enthalten (80). So konnte Noble und Sanin (77) in Steroidcreme Pseudomonas aeruginosa nachweisen, die Infektionen verursachten. Hjorth und Mitarbeiter (46) berichteten über kontaminierte Desinfektionslösungen und Maki weist auf die ständige Infektionsgefahr durch Infusionslösungen hin (73). Zudem kommen Nachlässigkeiten seitens des Personals, was bei länger dauernder Pflegezeit nicht zu vermeiden ist.

Wie die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, konnten trotz der noch bestehenden Unzulänglichkeiten die Infek-

tionsfrequenzen in allen Isoliersystemen gegenüber normalen Stationen gesenkt werden.
Widersprüchliche Ergebnisse kommen erst durch die prophylaktische Anwendung nicht resorbierbarer und lokaler Antibiotika zur Reduktion des endogenen Keimpotentials zustande. Hier wird der Wert der Isolierung durch Schimpff, Preisler und Klastersky in Frage gestellt, während Yates und Levine die strikte Isolierung trotz Antibiotikatherapie befürworten. Die antimikrobielle Therapie hat eine weitgehende Reduktion enteraler Keime und somit eines möglichen Infektionsreservoirs zur Folge, fördert auf der anderen Seite aber eine Schwächung der natürlichen Kolonisationsresistenz und leistet dadurch der Ausbreitung nicht sensibeler Keime Vorschub, was sich in hohen Infektionsfrequenzen bei nicht isolierten antibiotisch behandelten Patienten zeigte. Abschließendes läßt sich zu der antimikrobiellen Therapie nicht sagen, außer daß sie in Verbindung mit einer strikten Isolierung zu einer Senkung der Infektionen führt (93).

Es zeigt sich also bei der Durchsicht sämtlicher hier aufgeführten Untersuchungen, daß trotzt aller Vorsichtsmaßnahmen ein zu 100% sicheres Isoliersystem nicht zu realisieren ist. Es bleibt nur zu hoffen, daß das Patientenkollektiv, das heute noch durch Infektionen in Lebensgefahr gerät, durch die Anwendung der bisher gewonnenen Erkenntnisse der Sterilpflege zusammen mit neuen therapeutischen Möglichkeiten verringert wird. Ein solcher Fortschritt scheint sich bei der Behandlung Brandverletzter durch sofortiger Deckung der freiliegenden Hautzonen mit Auto- bzw. Homotransplantaten anzudeuten. Ein ähnlicher Erfolg wäre bei Leukämiepatienten durch verbesserte Resultate in der Knochenmarkstransplantation zu erwarten.

L I T E R A T U R

1. A y l i f f e G. A., Lowbury E. J., Wall M., Collins B. C., Protective isolation in single bed rooms: studies in a modified hospital ward.

J. Hyg. Camb. 69:511-527 1971

2. A r t z C. P., Planning a burn institute Research in burns by A. Wallace and A. Wilkinson Livingstone, Edingburg 1966 p. 522-528

3. A r t z C. P., The shriners burns institutes Bull.Am.Coll.Surg. Vol. 50 1965 Chicago

4. B a g s h a w e K. D., Ultra clean ward for cancer chemotherapy

Brit. med. J. 2:871-873 1964

5. B a g s h a w e K. D., Winner H. L., Coleman J. C., Gerken A.,

Microbiological aspects of cytotoxic drug therapy Proc.roy.Soc.Med. 63:1068-1070 1970

6. B a i r d G., Whyte W., Air movement control for treatement and isolation rooms J. Hyg. Camb. 67:225-232 1969

7. B a r r P. O., Treatement of burns with warm dry air. Lancet I 1276 1967

8. B e a l e C. B., Plastic buble isolates patient anywhere in hospital.
Modern Hospital 104:83-85 1965

9. B e t h u n e D. W., Blowers R., Parker M., Pask E. A., Dispersal of staphylococcus aureus by patients and surgial staff.

Lancet I 480-483 1965

10. B o d e y G. P., Buckley M., Sathe Y. S. Freireich E. J., Quantitative relationship between circulating leucocytes and infection in patients with acute leukemia.

Anm.Int.Med. 64:328-340 1966

11. B o d e y G. P., Hart J., Freireich E. J., Frei J., Studies of apatient isolator unit and prophylactic antibiotics in cancer chemotherapy.

Cancer 22:1018-1026 1968

12. B o d e y G. P., Johnston D., Microbiological evaluation of protectet environments during patient evaluation.

Appl.Microbiol. 22:828-836 1971

13. B o d e y G. P., Freireich E. J., Frei E., Studies of patients in a laminar air flow unit.
Cancer 24:972-980 1969

14. B o d e y G. P., Gewertz B., Microbiological studies of a laminar air flow unit for patients.
Arch.Environ. Health. 19:798-805 1969

15. B o d e y G. P., Epidemiological studies of pseudomonas species in patients with leukemia.
Amer.J.Med.Sci. 260:82-89 1970

16. B o d e y G. P., Gehan E. A., Freireich E. J., Frei E.
Protectet environment prophylactic antibiotic program in the chemotherapy of acute leukemia
Amer.J.Med.Sci. 262:138-151 1971

17. B o d e y G. P., Patient isolation units for cancer patients treated with chemical immunosuppressive agents
Transpl.Proced. 5:1279-1284 1973

18. B o o t h O. N., Isolated burn unit prevents contamination
Hospitals 42:50-51 1968

19. B o t z e n h a r t K., Meier C.,
Hygienische Untersuchungen am Ster-Air-Bett
Krankenhaus 12:500-504 1971

20. B u r d e n D. W., Withby J. L., Contamination of hospital desinfectants with pseudomonas species.
Brit.med.J. 153-155 1967

21. B u r k e J. F., Boston concept uses air and plastic for burn isolation.
Modern Hospitals 104:80-81 1965

22. B u r k e J. F., The clinical value of a bacteria-free patient care unit.

Proc. of the 3rd Int.Symp.Aerobiol. by I. H. Silver Academ.Press London p. 131-145 1970

23. B o t z e n h a r t K., Sattel W., Luftkeime und Infektionsverhütung in Operations- und Behandlungsräumen mit hohen Reinheitsansprüchen. Krankenhaus 2:55-60 1972

24. C r e n s h a w C. A., Kelly L. R., Turner R. J., Enas D., Bacteriologic nature and prevention of contamination to intravenous catheters. Amer.J.Surg. 123:264-266 1972

25. C a s o n D., Jackson D. M., Lowbury E. J. L., Ricketss C. R., Studies on isolation methods Brit.med.J. II 1292-1294 1966

26. C r o c k e t D. J., The motel cocept in burn unit design. Research in Burns, A. Wallace a. A. Wilkinson, Edinb. 1966 p. 529-533

27. D a d e Mc J. J., Sabel F. L., Akers R. L., Walker R. J., Microbiological studies on the performance of a laminar air flow biological cabinet Appl.Microbiol. 16:1085-1091 1968

28. D e x t e r F., Pseudomonas aeruginosa in a regional burns center. J. Hyg.Camb. 69:179-185 1971

29. D i e t r i c h M., Fliedner T., Gnotobiotic care of patients with immunological deficiency diseases. Transpl.Proc. 5:1271-1277 1973

30. D i e t r i c h M., Rosche H., Rommel K., Antimicrobial therapy as part of the decontamination procedures for patients with acute leukemia.

Eur.J.Cancer 9:443-447 1973

31. D i e h l J. F., Sterilisation von Lebensmitteln durch Strahlen.

Zbl.Bakt.Hyg.I Abtl.Orig.B. 156:157-170 1972

32. D ö h m a n n U., Plüss H. J., Hitzig W. H., Sterile Pflege als Hilfsmittel bei der Therapy der akuten Leukämie des Kindesalters.

Helv.Paediat.Acta 28:149-159 1973

33. D r a z e n E. C., Levine A. S., Laminar air flow rooms.

Hospitals 48:88-93 1974

34. E O R T C gnotobiotic project group
Protocol for an evaluative study of the protective effect of isolation systems and decontaminations in patients with high succeptibility to infection.

Eur.J.Cancer 8:367-371 1972

35. G r e e n e W., Schimpff S., Young V. M., A controlled clinicaltrial of unidirectional air flow reverse isolation and oral antibiotic intestinal flora suppression in decreasing infection in the leukemic patient.

Clim.Res. 20:528 1972

36. G o n z e n b a c h Ch., Wanner H. U., Ganzoni N.,

Luftkeimzahlbestimmung in einer Behandlungsstation für Schwerverbrannte.

Zbl.Bakt.Hyg.I Abt.Orig.A 228:1-6 1974

37. G r i e b e l H. G., Colton F. R., Bird T. J., Toigo A., Griffeth L. G., Fine particle humidifiers. Source of Pseudomonas aerug. infections in a respiratory-disease unit.

New Engl.J.Med. 282:531-538 1970

38. G r ü n L., Pseudomonaden-Hospitalismus

Zbl.Bakt.Hyg.I Abt.Orig.B 159:277-287 1974

39. G r ü n L., Desinfektion medizinischer Spezialgeräte Zbl.Bakt.Hyg.I Abt.Orig.B 156:129-137 1972

40. G r ü n L., Entwicklung und Stand der Infektion im Krankenhaus.

Arch.Hyg. 154:181-187 1970

41. H a m b r e u s A., Studies on transmission of Staphylococcus aureus in an isolation ward for burned patients.

J.Hyg.Camb. 71:171-183 1973

42. H a m b r e u s A., Dispersal and transfer of Staphylococcus aureus in an isolation ward for burned patients.

J.Hyg.Camb. 71:787-798 1973

43. H a m b r e u s A., Transfer of Staphylococcus aureus via nurses uniforms.

J.Hyg.Camb. 71:799-814 1973

44. H a r t D., Durham N. C., Bactericidal ultraviolet radiation in the operating room.

J.A.M.A. 172:1019-1027 1960

45. H a y n e s B. W., Hench M. E., Hospital isolation systems for preventing cross-contamination by Staphylococcal and Pseudomonas organisms in burn wounds.

Ann.Surg. 162:641-649 1965

46. H j o r t h A., Jorgensen F., Siboni K., Pseudomonas og Jodophor.

Ugeskr.Leg. 133:1823-1824 1971

47. H u g h e s W. H., The irreducible minimum in cross-infection control and isolation nursing.

J.Hyg.Camb. 68:379-392 1970

48. H u m m e l R. P., Mac Millan B. G., Maley M., Altemeier W. A., Comparison of complete barrier isolation and unidirectional air flow isolation in the treatement of burn wounds.

Ann.Surg. 176:742-747 1973

49. H u m m e l R. P., Mac Millan B.G., Maley M., Altemeier W. A., Reverse isolation in the treatement of burns.

J.Trauma 10:450-457 1970

50. H u s z a r R. J., Francis M., Isolation of patients by a curtain of air.

Hospitals 43:100-106 1969

51. J a m e s B., Jameson B., Kay H. E., Lynch J., Some practical aspects of intensive cytotoxic therapy.

Lancet I 1045-1049 1967

52. J a m e s o n B., Lynch J., Gambel D. R., Kay H. E., Five year analysis of protective isolation.

Lancet I 1034-1040 1971

53. K e e f e A. P., Lemelin C. G., Food service to a severly burned patient in a plastic isolator.

J.Am.Diet.Assoc. 55:140-143 1969

54. K l a s t e r s k y J., Debusscher L., Weerts D., Use of oral antibiotics in protectet environment units: Clinical effectiveness and role in the emergence of antibiotic resistant strains.

Pathol.Biol. 22:5-12 1974

55. K l e i n J. J., Kunze M., Experimentelle Untersuchungen über die Verbreitung von Pseudomonas aeruginosa durch ein Kaltvernebelungsgerät zur Raumluftbefeuchtung.

Zbl.Bakt. I Abt.Orig. 216:199-209 1971

56. K o m i n o s S. D., Copeland C. E., Grosiak B., Postic B., Introduction of Ps.aeruginosa into a hospital via vegetables.

Appl.Microbiol. 24:567-570 1972

57. K o n i n g de J. D., van der Waay D., Vossen J. M., Versprille A., Dooren L. J., Barrier nursing of an infant in a laminar cross-flow bench.

Maandschr.Kindergenesk. 38:1-13 1970

58. L a d u k e M., Hrynus G. W., Johnston M., Alpert S., Germfree isolators.

Am.J.Nurs. 67:72-79 1967

59. L a i n g J. E., Design of a new burns unit for the Wessex Regional Hospital Board.

Research in Burns, A. Watson a. A. Wilkinson, Edinb. 1966 p. 542-546

60. L a n d y J., Treatement of the burned patient:use of the germ-free plastic isolator as a barrier against hospital pathogens.

Southern Med.J. 56:1084-1088 1963

61. L e v e n s o n S. M., Trexler P. C. La Conte M., Pulaski E. J., Hauser J., Preisler B. S., Goldstein I. M., Seidler F., Simon R., Perry P. D. S., Bennett J. E., Henderson E. S., Application of the technology of the germ-free laboratory to special probelms of patient care.

Am.J.Surg. 107:710-721 1964

62. L e v i J. A., Vincent P. C., Jennis F., Lind D. E., Gunz F., Prophylactic antibiotics in the management of acute leukemia.

Med.J.Aust. 1:1025-1029 1973

63. L e v i n e A. S., Siegel E. S., Schreiber A. D.,

Protected environments and prophylactic antibiotics.

New Engl.J.Med. 288:477-483 1973

64. L e v i t a n A. A., Schulte F. L., Strong C. D., Perry S., Surveillance of the patient isolator system.

Arch.Environ.Health 14:837-843 1967

65. L e v i t a n A. A., Perry S., The use of an isolator system in cancer chemotherapy.

Am.J.Med. 44:234-241 1968

66. L i d w e l l O. M., Towers M., Protection from microbial contamination in a room ventilatet by a unidirectional air flow.

J.Hyg.Camb. 67:95-106 1969

67. L i d w e l l O. M., Towers M., Unidirectional flow ventilation in patient isolation.

Proc. 3rd.int.Sympos.Aerobiol.,I.H.Silver, Academic Press London 1970 p. 109-130

68. L i d w e l l O. M., Towers M., Unidirectional flow ventilation system for patient isolation.

Lancet 1972 347-350

69. L i l j e d a h l S. O., Malmborg A. S., Nyström B., Sjöberg L., Spread of Pseudomonas aeruginosa in a Burns unit.

J.Md.Microb. 5:473-481 1972

70. L i n z e n m e i e r G., Tanner F., Schäfer H., Pyozyaneusinfektion

Hefte zur Unfallheilkunde 114:123-142 1972

71. L o w b u r y E. J. L., Rabb J. R., Ford P. M., Protective isolation in a burns unit: The use of plastic isolators and air curtains.

J.Hyg.Camb. 69:529-546 1971

72. L o w b u r y E. J. L., Controlled trials of patient isolation in a burns unit.

Proc. 3rd.int.Sympo.Aerobiol., I. H. Silver, Acad. Press London 1970 p. 131-145

73. M a k i D. G., Infection control in intravenous therapy.

Ann.Int.Med. 79:867-887 1973

74. M i c h a e l s o n G. S., Vesely D., Halbert M., Laminar flow studied as aid in care of low resistance patients.

Hospitals 41:91-106 1967

75. M o r s e L. J., Schönbeck L. E., Handlotions- a potential nosocomial hazard.

New Eng.J.Med. 278:376-378 1968

76. M u i r e I. F., The micro-climate of the burn surface. Research in Burns, A. Wallace a. A. Wilkinson, Edinb. 1966 p. 586-591

77. N o b l e W. C., Sanin J. A., Steroidcream contaminatet with Pseudomonas aeruginosa.

Lancet I 1966 347-349

78. O l l s t e i n R. N., Symonds F. C., Crikelair G. F.,

Corliss S., Creation of a burn center.

Plast.Reconstr.Surg. 43:261-265 1969

79. O s t e r t a g H., Die hygienische Überwachung der aseptischen Bereiche im Krankenhaus.

Zbl.Bakt.Hyg.I Abt.Orig.B. 157:1-22 1973

80. P h i l l i p s I., Postoperative respiratory-tract infection with Pseudomonas aeruginosa due to contaminated lignocaine jelly.

Lancet I 1966 903-904

81. P r e i s l e r H. D., Goldstein I. M., Henderson E. S., Gastointestinal "sterilisation" in the treatement of patients with acute leukemia,

Cancer 26: 1076-1081 1970

82. P r i n c e J., Ayliffe G. A., In use testing of desinfectants in hospitals.

J.clin.Path. 25:586-589 1972

83. R e i m e r A. D., Tilloston J. L., Food service procedure for reverse isolation.

J.Am.Diet.Assoc. 48:381-384 1966

84. R o b e r t s o n A. C., Lynch J., Kay H. E. M., Jameson B., Guyer R. J., Evans I., Design and use of plastic tents for isolation of patients prone to infection.

Lancet 1968 II 1376-1377

85. S a c h s A., Watson J., Four years experience at a

specialised burns center.

Lancet I 1969 718-721

86. S c h i m p f f S. C., Greene W. H., Young M. V., Fortner C. L., Jepsen J., Snack N., Black J. B., Wiernick P. H., Laminar air flow room reverse isolation with oral nonabsorbable antibiotic prophylaxis.

Ann.Int.Med. 82:351-358 1975

87. S c h n e i d e r M., Schwarzenberg L., Pathogen-free isolation unit - Three years experience.

Brit.med.J. III 1969 836-839

88. S h o o t e r R. A., Gaya H., Cooke E. M., Kumar P., Patel N., Food and medicaments as possible sources of hospital strains of Pseudomonas aeruginosa.

Lancet I 1969 1227-1229

89. S h o o t e r R. A., Walker K. A., Williams U. R., Horgan G. M., Paker M. T., Asheshov E. H., Bullimore J. E., Faecal carriage of Pseudomonas aeroginosa in hospital patients.

Lancet II 1966 1331-1334

90. S h a d o m y S., Ginsberg M. K., Laconte M., Zeiger E., Evaluations of a patient isolator system: I Evaluations of subsystems and procedures for sterilisation and concurrent sanitization.

Arch.Envir.Health 11: 183-190 1965

91. S h a d o m y S., Ginsberg M. K., Zeiger E.,

Evaluations of a patient isolator system: II Distribution profiles of patient microflora during prolonged isolator confinement.

Arch.Envir.Health 11:191-200

92. S h a d o m y S., Ginsberg M. K., Zeiger E., Evaluations of a patient isolator system: III Microbial contamination of the isolator interior.

Arch.Envir.Health 11:652-662 1965

93. S o l b e r g C. O., Matsen J. M., Biggar W. D., Park B. H., Niosi P. N., Good R. A., Infectious complications in patients with combined immunodeficiency diseases receiving bone marrow transplants.

Scand.J.Infect.Dis. 6:223-231 1974

94. S p e e r s R., Bernard H., O'Grady F., Shooter R. A., Increased dispersal of skin bacteria into the air after shower baths.

Lancet I 1965 478-480

95. S p e e r s R. Gaya H., Shooter R . A. Contamination of nurses uniforms with Staphylococcus aureus.

Lancet II 1969 233-235

96. S t a a t R. H., Beakley J. W., Evaluation of laminar flow microbiological safety cabinets.

Appl.Microbiol. 16:1478-1482 1968

97. S y k e s G., The control of airborne contamination in sterile aereas.

Proc. 3 rd.int.Symp.Aerobiol., I.H. Silver.Acad.Press London 1970 p. 146-156

98. T h o m a s M. E. M., Pierand E., Manner I. M., Contamination of an operating theater by gramnegativ bacteria. Examination of water supplies, cleaning methods and wound infection.

J.Hyg.Camb. 70:63-73 1972

99. T h o m p s e n M., Die Mikroflora der Verbrennungswunden und Probleme der Sepsis im Rahmen der Verbrennungskrankheit.

Zbl.Chir. 98:306-313 1973

100. T r e x l e r P. C. Use of Plastics in Design of Isolator Systems.

Ann.NY Acad.Sci. 78:29-36 1959

101. V o s s e n J. M., van der Waay, Reverse isolation in bone marrow transplantation:ultra-clean room compared with laminar flow technique. Part I. Isolation systems.

Eur.J.clin.biol.Res. 17:455-461 1972

102. V o s s e n J. M., van der Waay D., Reverse isolation in bone marrow transplantation:ultra-clean room compared with laminar flow technique. Part II. Microbiological and clinical results.

Rev.Eur.Etu.clin.biol. 17:564-574 1972

103. van der W a a y D., Burghuis de Vries J. M., Lekkerk v.d. Wees J. E. C., Colonization resistance of the digestive tract in conventional and antibiotic-treated mice.

J.Hyg.Camb. 69:405-411 1971

104. W a t s o n J., Experiences in burns unit design - Queen Victoria Hospital, East Granstead, England.

Research in Burns, A. Watson a. A. Wilkinson. Edinb. 1966 p. 534-541

105. W e b e r G., Werner H. P., Matschnigg H., Pseudomonas aeruginosa im Trinkwasser als Todesursache bei Neugeborenen.

Zbl.Bakt. I Abt.Orig. 216:210-214 1971

106. W e b e r G., Stuehmer G., Meierhans, R., Sterile Operationsboxen.

Z.Orthop. 109:803-813 1971

107. W h y t e W., Howie J. G., Eakin J. E., Bacteriological observations in mechanically ventilated experimental ward and in two open-plan wards.

J.med.Microbiol. 2:335-345 1969

108. W i l l i a m s R. E., Harding L., Studies of the effectiveness of an isolation ward.

J.Hyg.Camb. 67:649-659 1969

109. W o r m a l d P. J., The effect of changed environment on bacterial colonization rates in an established burns center.

J.Hyg.Camb. 68-633-645 1970

110. Y a t e s J. W., Holland J. F., A controlled study of isolation and endogenous microbial suppression in acute myelocytic leukemia patients.

Cancer 32:1490-1498 1973

An dieser Stelle gilt mein besonderer
Dank Herrn Professor Dr. L. GRÜN für
das Überlassen des Themas sowie für
die hilfreiche und wertvolle Unterstütz-
ung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Lebenslauf

Am 25.9.1951 wurde ich,Hans-Werner Roos, als fünfter Sohn der Eheleute Wilhelm und Josefine Roos in Udenhausen/Hunsrück geboren.Von 1958 bis 1963 besuchte ich die katholische Volksschule in Udenhausen und wechselte dann zum humanistischen Görres-Gymnasium in Koblenz,wo ich 1971 das Abitur ablegte.
Zum Wintersemester 71/72 nahm ich das Studium der Medizin an der Ruhr-Universität Bochum auf. Nach dem Physikum wechselte ich im Sommersemester 1974 zur Universität Düsseldorf.Dort legte ich am 9.5.1978 den dritten Teil des Staatsexamens ab.

Düsseldorf, 24.5.78